

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-356760

(43)Date of publication of application : 26.12.2000

(51)Int.Cl. G02F 1/09  
H04B 10/02  
H04B 10/18

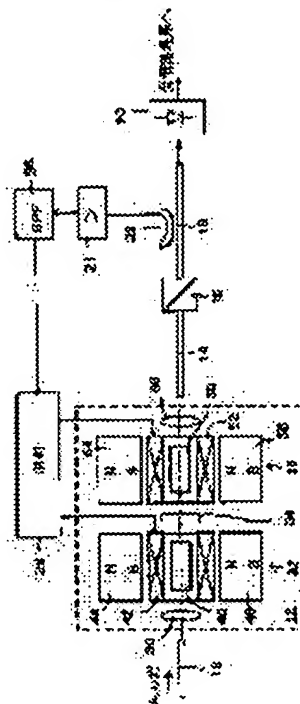
(21)Application number : 11-167635 (71)Applicant : KDD CORP  
(22)Date of filing : 15.06.1999 (72)Inventor : TANAKA HIDEAKI  
USAMI MASASHI  
TANAKA SHINSUKE

## (54) POLARIZED WAVE MODE DISPERSION COMPENSATING DEVICE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To compensate the polarized wave mode dispersion of an input signal light by adapting to the state of the polarization of the signal light.

SOLUTION: A signal light from an optical transmission line is inputted to as polarization converting device 12 by propagating an optical fiber 10. The device 12 converts the input light having an arbitrary polarized wave into linearly polarized waves having a prescribed angle by the quarter-wave plate between two Faraday rotators. The output light of the device 12 inputs to a polarizing beam splitter 16 by propagating through an optical fiber 14. The beam splitter 16 outputs one side (for example, a TE component) of two orthogonal polarized wave components (for example, TE and TM components) from the fiber 14 to an optical fiber 18. A part of the light propagating through the fiber 18 is branched by an optical coupler 22 to be made incident on a light receiving element 24. A band-pass filter(BPF)-26 extracts the clock component of the signal from the output of the element 24. A control circuit 28 controls the angle of the polarized wave of the output light by the device 12 so that output of the BPF 26 becomes the maximum according to the output of the filter 26.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 19.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3799874

[Date of registration] 12.05.2006

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-356760

(P2000-356760A)

(43) 公開日 平成12年12月26日 (2000.12.26)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I          | テ-73-ド* (参考)    |
|---------------------------|-------|--------------|-----------------|
| G 0 2 F 1/09              | 5 0 5 | G 0 2 F 1/09 | 5 0 5 2 H 0 7 9 |
| H 0 4 B 10/02             |       | H 0 4 B 9/00 | M 5 K 0 0 2     |
| 10/18                     |       |              |                 |

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-167635

(22) 出願日 平成11年6月15日 (1999.6.15)

(71) 出願人 000001214

ケイディディ株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72) 発明者 田中 英明

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディディ研究所内

(72) 発明者 宇佐見 正士

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディディ研究所内

(74) 代理人 100090284

弁理士 田中 常雄

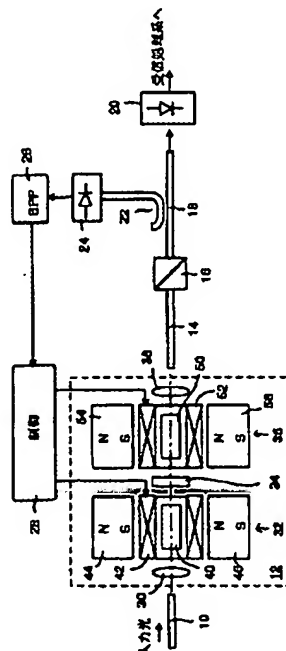
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏波モード分散補償装置

(57) 【要約】

【課題】 入力信号光の偏波状態に適応して、その偏波モード分散を補償する。

【解決手段】 光伝送路からの信号光は、光ファイバ10を伝搬して偏波変換装置12に入力する。偏波変換装置12は、2つのファラデー回転素子とその間の4/1波長板により、任意の偏波の入力光を所望の角度の直線偏波に変換する。偏波変換装置12の出力光は、光ファイバ14を伝搬して偏光ビームスプリッタ16に入力する。偏光ビームスプリッタ16は、光ファイバ14からの光を2つの直交する偏波成分（例えば、TEとTM）の一方（例えば、TE成分）を光ファイバ18に出力する。光ファイバ18を伝搬する光の一部は、光カップラ22により分波されて受光素子24に入射する。バンドパスフィルタ (BPF) 26は、受光素子24の出力から信号のクロック成分を抽出する。制御回路28は、BPF 26の出力に従い、BPF 26の出力が最大になるように偏波変換装置12による出力光の偏波角度を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力信号光の偏波モード分散を補償する装置であって、

当該入力信号光の偏波を任意の角度の直線偏波に変換する偏波変換装置と、

当該偏波変換装置の出力光から、互いに直交する2成分のうちの少なくとも一方の偏波成分を抽出する偏波抽出手段と、

当該偏波抽出手段の出力光から所定成分信号を抽出する信号抽出手段と、

当該信号抽出手段の出力に従い、当該信号抽出手段の出力がより大きくなるように当該偏波変換装置を制御する制御手段とからなることを特徴とする偏波モード分散補償装置。

【請求項2】 当該信号抽出手段が、当該偏波抽出手段の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する受光素子と、当該受光素子の出力から当該所定成分の信号を抽出し、当該制御手段に供給する信号抽出器とからなる請求項1に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項3】 当該信号抽出器は、当該入力信号光のクロック成分強度を抽出する電気フィルタである請求項2に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項4】 当該信号抽出器は、当該入力信号光の平均光強度を抽出する電気フィルタである請求項2に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項5】 当該信号抽出手段が、当該偏波抽出手段の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する第1の受光素子と、当該第1の受光素子の出力から当該所定成分の信号を抽出する第1の信号抽出器と、当該偏波抽出手段の他方の偏波の出力光を電気信号に変換する第2の受光素子と、当該第2の受光素子の出力から当該所定成分の信号を抽出する第2の信号抽出器と、当該第1及び第2の信号抽出器の出力を比較する比較手段と、当該比較手段の比較結果に従い、当該第1及び第2の信号抽出器の一方の出力を選択して当該制御手段に供給するスイッチとからなり、

更に、当該比較手段の当該比較結果に従い、当該偏波抽出手段の何れか一方の偏波で搬送される信号を選択する信号選択手段を具備する請求項2に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項6】 当該第1及び第2の信号抽出器はそれぞれ、当該入力信号光のクロック成分強度を抽出する電気フィルタである請求項5に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項7】 当該第1及び第2の信号抽出器はそれぞれ、当該入力信号光の平均光強度を抽出する電気フィルタである請求項5に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項8】 当該信号選択手段が、当該偏波抽出手段の何れか一方の偏波の出力光を選択する光スイッチである請求項5に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項9】 当該偏波変換装置が、ファラデー回転により当該入力信号光の偏波を回転する装置からなる請求項1に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項10】 当該偏波変換装置が、ファラデー回転により当該入力信号光を偏波をポアンカレ球上の緯度線に沿って移動する第1の偏波変換器と、当該第1の偏波変換器の出力光を当該ポアンカレ球の赤道上に移動する波長板と、当該波長板の出力光の偏波を当該ポアンカレ球の赤道に沿って移動する第2の偏波変換器とからなる請求項9に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項11】 当該第1及び第2の偏波変換器はそれぞれ、ファラデー素子と、当該制御手段からの駆動電流に従った、当該ファラデー素子の光軸方向の磁界を当該ファラデー素子に印加する磁気発生手段と、当該ファラデー素子の光軸方向に直交する方向の、当該ファラデー素子を磁気飽和させる強さの定常的な磁界を当該ファラデー素子に印加する磁石とからなる請求項10に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項12】 入力信号光の偏波モード分散を補償する装置であって、

当該入力信号光を2つに分割する光分波器と、

当該光分波器の一方の出力光の偏波を任意の角度の直線偏波に変換する第1の偏波変換装置、当該第1の偏波変換装置の出力光から所定偏波成分を抽出する第1の偏波抽出器、及び当該第1の偏波抽出器の出力光強度がより大きくなるように当該第1の偏波変換装置の偏波変換を制御する第1の制御手段を具備する第1の分散補償器と、

当該光分波器の他方の出力光の偏波を任意の角度の直線偏波に変換する第2の偏波変換装置、当該第2の偏波変換装置の出力光から所定偏波成分を抽出する第2の偏波抽出器、及び当該第2の偏波変換装置に対する制御信号を所定規制値範囲内に規制した状態で、当該第2の偏波抽出器の出力光強度がより大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御する第2の制御手段を具備する第2の分散補償器と、

当該第1及び第2の分散補償器の一方の出力を選択自在であり、当初は、当該第1の分散補償器の出力を選択する信号選択スイッチと、

当該第1及び第2制御手段による当該第1及び第2の偏波変換装置の制御状態を監視し、その監視結果に従い当該第1及び第2の制御手段並びに当該信号選択スイッチを制御するスイッチ制御手段であって、当該第1の制御手段の当該第1の波長変換装置に対する制御信号がその規制値を越えた場合に、当該信号選択スイッチに当該第2の分散補償器の出力を選択させると共に、当該第2の制御手段に、当該第2の偏波変換装置に対する制御信号の規制値とは無関係に、当該第2の偏波抽出器の出力光がより大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御させるスイッチ制御手段とを具備することを

特徴とする偏波モード分散補償装置。

【請求項13】 当該スイッチ制御手段は、当該第2の制御手段に、当該第2の偏波変換装置に対する制御信号の規制値とは無関係に、当該第2の偏波抽出器の出力光がより大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御させるときに、当該第1の制御手段に、当該第1の偏波変換装置に対する制御信号を所定規制値範囲内に規制した状態で、当該第1の偏波抽出器の出力光がより大きくなるように当該第1の偏波変換装置の偏波変換を制御させる請求項12に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項14】 当該第1及び第2の制御手段はそれぞれ、当該第1及び第2の偏波抽出器により抽出された当該所定偏波成分から得られる所定成分信号が大きくなるように、当該第1及び第2の偏波変換装置の偏波変換を制御する請求項12に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項15】 当該所定成分信号は、当該入力信号光のクロック成分強度を示す信号である請求項14に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項16】 当該第1の制御手段が更に、当該第1の偏波抽出器から出力される2つの直交偏波成分の内の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する第1の受光素子と、当該第1の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第1の信号抽出器と、当該第1の偏波抽出器から出力される他方の偏波の出力光を電気信号に変換する第2の受光素子と、当該第2の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第2の信号抽出器と、当該第1及び第2の信号抽出器の出力を比較する第1の比較手段と、当該第1の比較手段の比較結果に従い、当該第1及び第2の信号抽出器の一方の出力を選択する第1の選択器を具備し、当該第1の選択器の出力が大きくなるように当該第1の偏波変換装置の偏波変換を制御し、当該第2の制御手段が更に、当該第2の偏波抽出器から出力される2つの直交偏波成分の内の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する第3の受光素子と、当該第3の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第3の信号抽出器と、当該第2の偏波抽出器から出力される他方の偏波の出力光を電気信号に変換する第4の受光素子と、当該第4の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第4の信号抽出器と、当該第3及び第4の信号抽出器の出力を比較する第2の比較手段と、当該第2の比較手段の比較結果に従い、当該第3及び第4の信号抽出器の一方の出力を選択する第2の選択器を具備し、当該第2の選択器の出力が大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御し、

当該第1の分散補償器が更に、当該第1の比較手段の当該比較結果に従い、当該第1の偏波抽出器の何れか一方の偏波で搬送される信号を選択する第1の信号選択器を具備し、

当該第2の分散補償器が更に、当該第2の比較手段の当

該比較結果に従い、当該第2の偏波抽出器の何れか一方の偏波で搬送される信号を選択する第2の信号選択器を具備する請求項14に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項17】 当該第1及び第2の偏波変換装置が、ファラデー回転により入力光の偏波を回転する装置からなる請求項12に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項18】 当該第1及び第2の偏波変換装置がそれぞれ、ファラデー回転により当該入力信号光を偏波をポアンカレ球上の緯度線に沿って移動する第1の偏波変換器と、当該第1の偏波変換器の出力光を当該ポアンカレ球の赤道上に移動する波長板と、当該波長板の出力光の偏波を当該ポアンカレ球の赤道に沿って移動する第2の偏波変換器とからなる請求項17に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項19】 当該第1及び第2の偏波変換器はそれぞれ、ファラデー素子と、当該制御手段からの駆動電流に従った、当該ファラデー素子の光軸方向の磁界を当該ファラデー素子に印加する磁気発生手段と、当該ファラデー素子の光軸方向に直交する方向の、当該ファラデー素子を磁気飽和させる強さの定常的な磁界を当該ファラデー素子に印加する磁石とからなる請求項18に記載の偏波モード分散補償装置。

【請求項20】 当該第1の信号選択器が、当該第1の偏波抽出器の何れか一方の偏波の出力光を選択する光スイッチであり、当該第2の信号選択器が、当該第2の偏波抽出器の何れか一方の偏波の出力光を選択する光スイッチである請求項16に記載の偏波モード分散補償装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、偏波モード分散補償装置に関し、より具体的には、光伝送路で信号光に生じ得る偏波モード分散を補償する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 インターネットの普及とともに伝送容量の需要は止まることを知らずに拡大をしている。大容量の伝送には光ファイバ通信が適している。波長の異なる信号光を1本の光ファイバで伝送する波長多重伝送方式を採用し、波長数を増やし、各波長の信号光の変調速度を上げることで、比較的容易に伝送容量を増すことができる。受信感度を向上するためと、波長多重伝送を行なったときに相互位相変調を低減するために、信号光にリターン・ツー・ゼロ(RZ)が用いるのが主流になってきている。

【0003】 光ファイバは、理想的には、コアの中心軸(ファイバの中心軸)に対して回転対称であるが、製造工程の揺らぎから生じるわずかな非対称性により、信号光の波長分散量が、コアの中心軸を中心とする角度方向で異なる。これがいわゆる、偏波モード分散をもたらす。信号光の変調速度が5 Gbit/秒を超すと、偏波

モード分散により、図8に示すように、RZ信号が時間軸上で2つの直交する偏波成分（いわゆるTE成分とTM成分）に分離する。これは、受信側の受信処理で符号誤りを生じさせる。分離された直交成分の時間間隔は、光伝送路の状態に依存するが、一般的に時間的に無秩序に変動する。

【0004】この種の偏波モード分散を補償する手段が例えば、Fabian Roy他によるOFC' 99 IOOC (OFC (Optical Fiber Communication) and the International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communicationz (IOOC), TuS4-1, pp. 275-278と、Hi-roki Ooi他によるOFC' 99 IOOC (OFC (Optical Fiber Communication) and the International Conference on Integrated Optics and Optical Fiber Communicationz (IOOC) WE5-1)に記載されている。

【0005】従来の偏波モード分散補償装置は、基本的に、光伝送路からの信号光を2つの直交する偏波に変換する偏波制御器と、その出力光に対して、直交する2方向の偏波成分間で一定の時間差を与える偏波モード分散補償素子と、偏波保持ファイバの出力光の強度又は偏光度Degree of Polarization (DOP)を計測し、計測結果が最大になるように偏波制御器による偏波制御量又は回転角を制御する測定器からなる。前者の文献では、DOPを計測する。後者の文献では、40 Gbits/sのNRZ信号光に対しその半分の周波数20 GHzのクロック成分を計測する。

【0006】偏波制御器は、1/4波長板と1/2波長板をシリアルに配置した構造からなり、測定器が、測定結果に従い、光軸を中心として両波長板を機械的に回転させる。これにより、入射光の偏波が、直線偏波に変換される。偏波分散補償素子には一般的に、偏波保持ファイバが使用される。偏波保持ファイバは互いに直交するスロー軸とファースト軸を有し、その2つの軸間で波長分散が異なる。この結果、2つの軸間で信号光の伝搬速度が異なることになるので、偏波保持ファイバは、その軸間の伝搬速度差と長さに応じた量の偏波モード分散を与えることができる。従来例では、偏波保持ファイバの出力光の光強度又はDOPが最大になるように、偏波制御器をフィードバック制御する。これにより、光伝送路で与えられた直交方向成分間の時間差を偏波保持ファイバで解消し、偏波モード分散を補償できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】通常の長距離光ファイバ伝送路では、信号光の偏波は、最低でも数10m秒で

変化する。ところが、従来の偏波モード分散補償装置は、機械式の偏波制御器の応答が秒単位であることもあって、速い偏波の変化に追従できない。

【0008】また、従来例では、機械式の偏波制御器を使用するので、長期に亘って使用するのが難しい。換言すると、信頼性が低い。

【0009】更に、従来の装置では、偏波モード分散補償量が一定である偏波保持ファイバを使用するので、例えば、少しの偏波モード分散しか持たない信号光が入力した場合、逆に偏波モード分散を与えてしまう。これは、符号誤りを増大させる。

【0010】本発明は、入力信号光の偏波状態に適応して、その偏波モード分散を補償する偏波モード分散補償装置を提示することを目的とする。

【0011】本発明は、より広い範囲の偏波モード分散を補償できる偏波モード分散補償装置を提示することを目的とする。

【0012】本発明はまた、このような不都合を解消し、より迅速に応答できる偏波モード分散補償装置を提示することを目的とする。

【0013】本発明はまた、入力信号光の偏波状態に自動適応して偏波モード分散を補償できる偏波モード分散補償装置を提示することを目的とする。

【0014】本発明は更に、長期にわたって高い信頼性を保持できる偏波モード分散補償装置を提示することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に係る偏波モード分散補償装置は、入力信号光の偏波モード分散を補償する装置であって、当該入力信号光の偏波を任意の角度の直線偏波に変換する偏波変換装置と、当該偏波変換装置の出力光から、互いに直交する2成分のうちの少なくとも一方の偏波成分を抽出する偏波抽出手段と、当該偏波抽出手段の出力光から所定成分信号を抽出する信号抽出手段と、当該信号抽出手段の出力に従い、当該信号抽出手段の出力がより大きくなるように当該偏波変換装置を制御する制御手段とからなることを特徴とする。

【0016】この構成により、本発明では、入力信号光の偏波状態に自動適応して、入力信号光の偏波モード分散を補償できる。

【0017】信号抽出手段は、好ましくは、当該偏波抽出手段の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する受光素子と、当該受光素子の出力から当該所定成分の信号を抽出し、当該制御手段に供給する信号抽出器とからなる。信号抽出器は、当該入力信号光のクロック成分強度を抽出する電気フィルタ、又は、当該入力信号光の平均光強度を抽出する電気フィルタである。これにより、簡単な構成で、入力信号光の偏波モード分散を補償できる。

【0018】信号抽出手段は好ましくは、当該偏波抽出

手段の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する第1の受光素子と、当該第1の受光素子の出力から当該所定成分の信号を抽出する第1の信号抽出器と、当該偏波抽出手段の他方の偏波の出力光を電気信号に変換する第2の受光素子と、当該第2の受光素子の出力から当該所定成分の信号を抽出する第2の信号抽出器と、当該第1及び第2の信号抽出器の出力を比較する比較手段と、当該比較手段の比較結果に従い、当該第1及び第2の信号抽出器の一方の出力を選択して当該制御手段に供給するスイッチとからなる。本補償装置は更に、当該比較手段の当該比較結果に従い、当該偏波抽出手段の何れか一方の偏波で搬送される信号を選択する信号選択手段を具備する。当該第1及び第2の信号抽出器はそれぞれ、当該入力信号光のクロック成分強度を抽出する電気フィルタ、又は、当該入力信号光の平均光強度を抽出する電気フィルタである。これにより、主軸の変換が発生しても、支障なく継続的に、入力信号光の偏波モード分散を補償できる。

【0019】偏波変換装置が、ファラデー回転により当該入力信号光の偏波を回転する装置からなる。偏波変換装置は好ましくは、ファラデー回転により当該入力信号光を偏波をポアンカレ球上の緯度線に沿って移動する第1の偏波変換器と、当該第1の偏波変換器の出力光を当該ポアンカレ球の赤道上に移動する波長板と、当該波長板の出力光の偏波を当該ポアンカレ球の赤道上に沿って移動する第2の偏波変換器とからなる。当該第1及び第2の偏波変換器はそれぞれ、ファラデー素子と、当該制御手段からの駆動電流に従った、当該ファラデー素子の光軸方向の磁界を当該ファラデー素子に印加する磁気発生手段と、当該ファラデー素子の光軸方向に直交する方向の、当該ファラデー素子を磁気飽和させる強さの定常的な磁界を当該ファラデー素子に印加する磁石とからなる。これにより、可動部材無しで偏波を変換できるので、長期にわたる高い信頼性を確保できる。また、高速の応答が可能になる。

【0020】本発明に係る偏波モード分散補償装置はまた、入力信号光の偏波モード分散を補償する装置であって、当該入力信号光を2つに分割する光分波器と、当該光分波器の一方の出力光の偏波を任意の角度の直線偏波に変換する第1の偏波変換装置、当該第1の偏波変換装置の出力光から所定偏波成分を抽出する第1の偏波抽出器、及び当該第1の偏波抽出器の出力光強度がより大きくなるように当該第1の偏波変換装置の偏波変換を制御する第1の制御手段を具備する第1の分散補償器と、当該光分波器の他方の出力光の偏波を任意の角度の直線偏波に変換する第2の偏波変換装置、当該第2の偏波変換装置の出力光から所定偏波成分を抽出する第2の偏波抽出器、及び当該第2の偏波変換装置に対する制御信号を所定規制値範囲内に規制した状態で、当該第2の偏波抽出器の出力光強度がより大きくなるように当該第2の偏

波変換装置の偏波変換を制御する第2の制御手段を具備する第2の分散補償器と、当該第1及び第2の分散補償器の一方の出力を選択自在であり、当初は、当該第1の分散補償器の出力を選択する信号選択スイッチと、当該第1及び第2制御手段による当該第1及び第2の偏波変換装置の制御状態を監視し、その監視結果に従い当該第1及び第2の制御手段並びに当該信号選択スイッチを制御するスイッチ制御手段であって、当該第1の制御手段の当該第1の波長変換装置に対する制御信号がその規制値を越えた場合に、当該信号選択スイッチに当該第2の分散補償器の出力を選択させると共に、当該第2の制御手段に、当該第2の偏波変換装置に対する制御信号の規制値とは無関係に、当該第2の偏波抽出器の出力光がより大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御させるスイッチ制御手段とを具備することを特徴とする。

【0021】この構成により、入力信号光の偏波状態に適応して、その偏波モード分散を補償できる。また、ポアンカレ球を1周以上回るほどに光伝送路の偏波が変化した場合等に、即座に第2の分散補償器に切り換えることで、偏波変換器に過大な制御信号を供給し続けること、及び、過大な制御信号での分散補償状態に依存することを防止できる。これにより、高い信頼性を確保できる。

【0022】好ましくは、スイッチ制御手段は、当該第2の制御手段に、当該第2の偏波変換装置に対する制御信号の規制値とは無関係に、当該第2の偏波抽出器の出力光がより大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御させるときに、当該第1の制御手段に、当該第1の偏波変換装置に対する制御信号を所定規制値範囲内に規制した状態で、当該第1の偏波抽出器の出力光がより大きくなるように当該第1の偏波変換装置の偏波変換を制御させる。これにより、第2の分散補償器に過剰な制御信号が供給されるようになったときには、即座に、再び第1の分散補償器に切り替えることが可能になり、継続的に且つ長期に、安定した分散補償を得られる。

【0023】第1及び第2の制御手段はそれぞれ、当該第1及び第2の偏波抽出器により抽出された当該所定偏波成分から得られる所定成分信号が大きくなるように、当該第1及び第2の偏波変換装置の偏波変換を制御する。当該所定成分信号は例えば、当該入力信号光のクロック成分強度を示す信号である。

【0024】好ましくは、第1の制御手段が更に、当該第1の偏波抽出器から出力される2つの直交偏波成分の内の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する第1の受光素子と、当該第1の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第1の信号抽出器と、当該第1の偏波抽出器から出力される他方の偏波の出力光を電気信号に変換する第2の受光素子と、当該第2の受光素子の出力か



ら当該所定成分信号を抽出する第2の信号抽出器と、当該第1及び第2の信号抽出器の出力を比較する第1の比較手段と、当該第1の比較手段の比較結果に従い、当該第1及び第2の信号抽出器の一方の出力を選択する第1の選択器を具備し、当該第1の選択器の出力が大きくなるように当該第1の偏波変換装置の偏波変換を制御する。当該第2の制御手段が更に、当該第2の偏波抽出器から出力される2つの直交偏波成分の内の一方の偏波の出力光を電気信号に変換する第3の受光素子と、当該第3の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第3の信号抽出器と、当該第2の偏波抽出器から出力される他方の偏波の出力光を電気信号に変換する第4の受光素子と、当該第4の受光素子の出力から当該所定成分信号を抽出する第4の信号抽出器と、当該第3及び第4の信号抽出器の出力を比較する第2の比較手段と、当該第2の比較手段の比較結果に従い、当該第3及び第4の信号抽出器の一方の出力を選択する第2の選択器を具備し、当該第2の選択器の出力が大きくなるように当該第2の偏波変換装置の偏波変換を制御する。そして、当該第1の分散補償器が更に、当該第1の比較手段の当該比較結果に従い、当該第1の偏波抽出器の何れか一方の偏波で搬送される信号を選択する第1の信号選択器を具備し、当該第2の分散補償器が更に、当該第2の比較手段の当該比較結果に従い、当該第2の偏波抽出器の何れか一方の偏波で搬送される信号を選択する第2の信号選択器を具備するこれにより、主軸の交換が生じても、それに応じて支障なく偏波モード分散を補償し続けることができる。

【0025】好ましくは、第1及び第2の偏波変換装置が、ファラデー回転により入力光の偏波を回転する装置からなる。より具体的には、当該第1及び第2の偏波変換装置がそれぞれ、ファラデー回転により当該入力信号光を偏波をポアンカレ球上の緯度線に沿って移動する第1の偏波変換器と、当該第1の偏波変換器の出力光を当該ポアンカレ球の赤道上に移動する波長板と、当該波長板の出力光の偏波を当該ポアンカレ球の赤道に沿って移動する第2の偏波変換器とからなる。第1及び第2の偏波変換器はそれぞれ、ファラデー素子と、当該制御手段からの駆動電流に従った、当該ファラデー素子の光軸方向の磁界を当該ファラデー素子に印加する磁気発生手段と、当該ファラデー素子の光軸方向に直交する方向の、当該ファラデー素子を磁気飽和させる強さの定常的な磁界を当該ファラデー素子に印加する磁石とからなる。これにより、可動部材無しで偏波を変換できるので、長期にわたる高い信頼性を確保できる。また、高速の応答が可能になる。

【0026】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0027】図1は、本発明の第1実施例の概略構成ブ

ロック図を示す。図1に示す実施例の構成と動作を説明する。光伝送路からの信号光は、光ファイバ10に入力し、光ファイバ10を伝搬して偏波変換装置12に入力する。偏波変換装置12は、任意の偏波の入力光を所望の角度の直線偏波に変換する装置であり、具体的には、特開平9-61772号公報の図4（又は米国特許第5,739,943号の図15）に記載される構成からなり、同公報の記載内容は、本明細書中に取り入れられる。偏波変換装置12の詳細な構成と動作は後述する。

【0028】偏波変換装置12により直線偏波に変換された信号光は、光ファイバ14を伝搬して偏光ビームスプリッタ16に入力する。偏光ビームスプリッタ16は、光ファイバ14からの光を2つの直交する偏波成分（例えば、TEとTM）に分波し、一方（例えば、TE成分）を光ファイバ18に出力する。本実施例では、偏光ビームスプリッタ16は、特定方向の偏光成分を抽出する偏光子として機能する。

【0029】光ファイバ18を伝搬する光のほとんどは、信号受信用の受光素子20に入射するが、その残りは、光カップラ22により分波されて受光素子24に入射する。バンドパスフィルタ（BPF）26は、受光素子24の出力から信号のクロック成分を抽出する。例えば、光伝送路から入力する信号光が10Gb/sで変調されている場合、BPF26の通過中心周波数は10GHzとなる。BPF26の出力は、いわば信号光の信号スペクトル成分強度を反映する。制御回路28は、BPF26の出力に従い、BPF26の出力が最大になるように偏波変換装置12による出力光の偏波角度を制御する。

【0030】これにより、偏波変換装置12は、光ファイバ18上で信号光（TE波）の振幅が最大になるような角度の直線偏波に、光伝送路からの信号光の偏波を変換する。すなわち、受光素子20には、偏波モード分散が解消された信号光が入射する。この結果、光伝送路上での偏波モード分散が完全に解消される。しかも、光伝送路上での偏波モード分散の変動にも十分な速度で追従できるので、符号誤りを低減でき、受信性能を大幅に高めることができる。

【0031】制御回路28による偏波変換装置12の制御方法としては、最大値を探索する種々の方法を利用できる。例えば、第1の方法では、偏波変換装置12に対する制御値を僅かに変動させて、偏波変換装置12の出力光の偏波角度を変動させ、その前後におけるBPF26の出力の比較からBPF26の出力がより大きい方の制御値を採用し、以後、その制御動作を逐次的に実行する。第2の方法では、第1の方法に準じた何からの初期的な動作の結果、BPF26の出力が大きくなる方向を決定した後では、BPF26の出力が減少に転ずるまでその方向に制御値を逐次的に変化させる。更には、制御可能範囲内で大まかに区分した各点の制御値に対するB



PPF26の出力を一括して取り込み、その結果から、BPF26の出力が最大になる範囲を逐次的に探索する方法でもよい。これらの方法は適宜に組合せ可能である。

【0032】受光素子20と受光素子24が同じ光電変換性能で良ければ、受光素子20の出力をBPF26にも印加するようにすればよい。その場合には、光カップラ22と受光素子24を省略できる。

【0033】偏波変換装置12の構成と動作を簡単に説明する。図2は、偏波変換装置12の斜視図を示す。光ファイバ10の出射光は、コリメータレンズ30により平行ビームにされ、第1の偏波変換器32に入射する。第1の偏波変換器32は、入射光の偏波を、任意の状態から同じ緯線上で移動させる。第1の偏波変換器32の出力光は、1/4波長板34を透過して、第2の偏波変換器36に入射する。1/4波長板34は、ポアンカレ球上で垂直直線偏波を示す点と水平直線偏波を示す点とを結ぶ線を中心に90°回転することにより、偏波を赤道面上に移動させる。第2の偏波変換器36は、赤道面上で偏波を所望の角度に変換できる。第2の偏波変換器36の出力光は、集光レンズ38により集光されて光ファイバ14に入射される。

【0034】偏波変換器32は、次のような構成からなる。光軸上にはファラデー回転子40が配置されている。ファラデー回転子40は、ファラデー効果を示すガーネット膜からなる。ファラデー回転子40の周囲には、ファラデー回転子40に対し光軸方向に磁界を印加するようにコイル42が配置されている。コイル42に流す電流を調節することで、光軸方向の印加磁界の強度を調節できる。コイル42の更に外側には、ファラデー回転子40に対し光軸に直交した方向の一定の磁界を印加するように、磁石44、46が配置されている。磁石44、46がファラデー回転子40を印加する磁界は、ファラデー回転子40を磁気飽和させる程に強く設定されている。

【0035】偏波変換器36は、偏波変換器32と同じ構成からなる。すなわち、偏波変換器36は、光軸上に配置されるファラデー回転子50、ファラデー回転子50の周囲に配置され、ファラデー回転子50に対し光軸方向に磁界を印加するコイル52、コイル52の外側に配置され、ファラデー回転子50に対し光軸に直交した方向の定常的な磁界を印加する磁石54、56からなる。

【0036】詳細は上述の公報に記載されているが、偏波変換器32、36では、コイル42、52に印加する電流を+Iから-Iの範囲で変化させる調節することで、ファラデー回転子40、50に印加される合成磁界の方向をプラスからマイナスに変化させることができる。これにより、偏波変換器32、36はそれぞれ、ポアンカレ球上で緯線方向に偏波を変更することができる。

【0037】理論的には、偏波変換器32は、回転偏波、直線偏波及び楕円偏波の何れかである任意の偏波の入射光を、垂直方向及び水平方向に軸を有する楕円偏波に変換する。波長板34が、偏波変換器32の出力光の楕円偏波を直線偏波に変換する。そして、偏波変換器36が、波長板34により得られた直線偏波を、所望の角度の直線偏波に変換する。

【0038】図3は、ポアンカレ球上での、偏波変換装置12による偏波変換の様子を示す模式図である。60は北極、62は南極、63は垂直方向の直線偏波、64は子午線、65は水平方向の直線偏波、66は赤道をそれぞれ示す。偏波変換装置12の入射光(光ファイバ10の出射光)の偏波が、符号68で示す位置にあるとする。第1の偏波変換器32は、入射光の偏波(図3の68)を同じ緯線上で、指定の角度だけ回転移動させる。ここでは、便宜上、第1の偏波変換器32は、偏波を子午線64の位置70に移動させたとする。1/4波長板34は、位置70の偏波を垂直偏波の点63と水平偏波の点65を結ぶ線を中心に90°回転させ、赤道66上の位置72に移動させる。そして、第2の偏波変換器36は、赤道66上の位置72の偏波を、赤道66上で所望の角度だけ移動させることができ、例えば、位置74に移動させる。すなわち、偏波は、位置68から、位置70、72を経て位置72に移動する。このようにして、本実施例の偏波変換装置12は、所望の偏波状態の光を、任意の角度の直線偏波に変換することができる。

【0039】ファラデー回転子40、50とコイル42、52からなる電磁石による偏波変換の応答速度は100kHz程度であるので、10ミリ秒より速い偏波状態の変化にも十分に追いつくことができる。

【0040】上記実施例では、偏波変換装置12の出力光の直線偏波のうち、所定軸方向成分のみを検出し、それが最大になるように偏波変換装置12を制御したが、偏波返還装置12の出力光の直線偏波のうちの、所定方向成分とこれに直交する方向成分の両方の光強度(又はクロック成分の振幅)を検出し、両者を比較して、所定方向成分がこれに直交する方向成分よりも常に強くなるように、偏波変換装置12を制御しても良い。

【0041】上記実施例では、BPF26は、信号のクロック成分を抽出したが、直流より高い周波数から、クロック成分の周波数を越すクロック成分近傍の周波数までのデータ成分を抽出するようにしても良い。但し、雑音が多くなり、不安定になりやすい。例えば、BPF26の通過中心周波数を5GHzとしてもよい。

【0042】本実施例では、可動部無しで構成できるので、長期にわたり高い信頼性を確保できる。また、応答が早いので、光伝送路での伝送状態の変動にも十分に追従でき、実用上、高い効果が得られ、受信特性を大幅に改善できる。

【0043】偏波変換装置12は、ポアンカレ球上の任

意の偏波状態を任意の偏波状態に変換できる。しかし、ファラデー回転子40、50に流すことのできる電流は有限である。従って、偏波の回転量も有限となり、ポアンカレ球上を何周も回るような状態の伝送系に対して用いると、コイル42、52に流す電流が増加して、制限値を越えてしまうことにもなりかねない。コイル42、52に流す電流が制限値を越えると、偏波変換ができなくなり、偏波モード分散を補償できなくなる。

【0044】図4は、ポアンカレ球上を何周も回るように偏波が変動するような光伝送系にも適用可能な本発明の第2実施例の概略構成ブロック図を示す。

【0045】図4に示す実施例の構成と動作を説明する。光伝送路からの信号光は、入力ポート110から3dB光カップラ112に入力し、ここで2系統に分割される。3dB光カップラ112で分割された2つの信号光は、それぞれ、光ファイバ114a、114bを伝送して偏波変換装置116a、116bに入射する。偏波変換装置116a、116bは偏波変換装置12と全く同じ構成からなり、入射光の偏波を所望の角度の直線偏波に変換する。

【0046】偏波変換装置116a、116bにより直線偏波に変換された信号光は、光ファイバ118a、118bを伝搬して偏光ビームスプリッタ120a、120bに入力する。偏光ビームスプリッタ120a、120bは、光ファイバ118a、118bからの光を2つの直交する偏波成分（例えば、TEとTM）に分波し、一方（例えば、TE成分）を光ファイバ122a、122bに出力する。本実施例でも、偏光ビームスプリッタ120a、120bは、特定方向の偏光成分を抽出する偏光子として機能する。

【0047】光ファイバ122a、122bを伝搬する光のほとんどは、それぞれ光スイッチ124の2つの入力ポートに入力する。光スイッチ124は、2つの入力ポートの一方の入力光を選択し、信号受信用の受光素子126に供給する。受光素子126は入力光を電気信号に変換し、図示しない受信処理系に供給する。

【0048】光ファイバ122a、122bを伝搬する光の残りは、光カップラ128a、128bにより分波されて受光素子130a、130bに入射する。BPF132a、132bは、BPF26と同様に、受光素子130a、130bの出力から信号のクロック成分を抽出する。制御回路134a、134bはそれぞれ、BPF132a、132bの出力に従い、BPF132a、132bの出力が最大になるように偏波変換装置116a、116bによる出力光の偏波角度を制御する。

【0049】本実施例は、偏波変換装置116a、受光素子130a、BPF132a及び制御回路134aからなる偏波モード分散補償系、偏波変換装置116b、受光素子130b、BPF132b及び制御回路134bからなる偏波モード分散補償系という2つの補償系を

具備する。その2つの補償系は互いに独立に図1に示す実施例と同様に動作して、入力光の偏波モード分散を補償する。光スイッチ124が、2つの系統の偏波モード分散補償結果の一方を選択して、受光素子126に供給する。

【0050】光スイッチ124は偏波依存性を有しない素子からなるのが好ましい。例えば、光スイッチ124は、ニオブ酸リチウム導波路からなる方向性結合器の間に1/2波長板を挿入した構造からなる。

【0051】制御回路134a、134bは、BPF132a、132bの出力に応じた偏波変換装置116a、116bの駆動電流の制御よりも、偏波変換装置116a、116bの駆動電流がポアンカレ球上で1周以上しないような駆動電流の規制を優先する動作モード（規制優先モード）と、駆動電流の規制よりも、BPF132a、132bの出力に応じた偏波変換装置116a、116bの駆動電流の制御を優先する動作モード（追従優先モード）を具備する。規制優先モードでは、制御回路134a、134bは、偏波変換装置116a、116bへの駆動電流が規制値を越えると、その駆動電流を0（又は、規制値範囲内の電流であって、ポアンカレ球上の同じ位相位置に対応する電流）から再スタートして、BPF132a、132bの出力が大きくなる方向に偏波変換装置116a、116bの駆動電流を制御する。他方、追従優先モードでは、制御回路134a、134bは、偏波変換装置116a、116bへの駆動電流が規制値を越えても、そのままBPF132a、132bの出力が大きくなる方向に偏波変換装置116a、116bの駆動電流を制御し続けると共に、スイッチ制御回路136に駆動電流が規制値を越えた旨を通知する。

【0052】スイッチ制御回路136は、制御回路134a、134bの動作モードを制御すると共に、光スイッチ124の切り替えを制御する。具体的には、スイッチ制御回路136は初期設定として、一方の制御回路134a（又は134b）を追従優先モードで動作させ、他方の制御回路134b（又は134a）を規制優先モードで動作させると共に、光スイッチ124に対しては、光ファイバ122a（又は122b）からの入力光を選択させる。制御回路134a（又は同134b）は、偏波変換装置116a（又は116b）の駆動電流を、その規制値に関わらずBPF132a（又は132b）の出力が大きくなるように制御し、制御回路134b（又は同134a）は、偏波変換装置116b（又は116a）の駆動電流をBPF132b（又は132a）の出力が大きくなるように制御しつつも、駆動電流がその規制値を越えない範囲に規制する。光スイッチ124が光ファイバ122aからの入力光を選択するので、偏波変換装置116a（又は116b）で偏波モード分散を補償された信号光が、受光素子126に入射す

る。

【0053】スイッチ制御回路136は、制御回路134a（又は134b）から駆動電流が規制値を越えた旨を示す信号を受け取ると、光スイッチ124に光ファイバ122b（又は122a）からの入力光を選択させると共に、制御回路134b（又は134a）を追従優先モードで動作させ、制御回路134a（又は134b）を初期化（例えば、出力する駆動電流を0にリセット）した上で規制優先モードで動作させる。

【0054】このように、本実施例では、駆動電流を規制値内に規制することを優先して入力信号光の偏波モード分散を補償する予備系統を用意しているため、現用の系統で駆動電流が規制値を超えてしまっても、即座に予備系統に切り換えて、偏波モード分散を補償された信号光を支障なく受光素子126に供給し続けることができる。これにより、補償系統の切り替えによるロスも無しに、符号誤りを低減でき、受信性能を大幅に高めることができる。偏波変換装置116a、116bの駆動電流が規制値を超えても、BPF132a、132bの出力が大きくなる方向に制御し続けると、いつかは補償不能に陥るが、本実施例では、このような弊害を完全に解消できる。

【0055】本実施例では、光スイッチ124は、ニオブ酸リチウム導波路からなる方向性結合器の中間に1/2波長板を入れて無偏波化した光スイッチからなる。2つの経路を通ってきた伝送信号光の間のコヒーレントクロストークを低減させるためには、光スイッチ124には極めて高い消光比が要求されるからである。

【0056】但し、偏光ビームスプリッタ120aと光スイッチ124の間、及び偏光ビームスプリッタ120bと光スイッチ124の間を偏波保持系で構成し、光スイッチ124に入射する光の偏波方向を互いに直交させておけば、コヒーレントクロストークが生じない。この場合には、光スイッチ124は、消光比が低いニオブ酸リチウム導波路の光スイッチでもよい。

【0057】このように、図4に示す実施例は、ホアンカレ球上を何周も回るような偏波モード分散が生じる光伝送系にも適用できる。

【0058】BPF26の場合と同様に、BPF132a、132bは、直流より高い周波数から、クロック成分の周波数を越すクロック成分近傍の周波数までの中のデータ成分を抽出するようにしても良い。但し、雑音が多くなり、不安定になりやすい。

【0059】図5は、本発明の第3実施例の概略構成ブロック図を示す。図1及び図4に示す実施例では、偏光ビームスプリッタ16、120a、120bで所定方向（主軸）の偏波成分のみを抽出するので、主軸の偏波成分が小さくなり、主軸と直交する偏波成分が大きくなるような偏波変動が光伝送路で生じた場合には、一時的に、偏波モード分散を補償できなくなりかねない。図5

に示す実施例は、このような事態にも対応できる。

【0060】図5に示す実施例の構成と動作を説明する。光伝送路からの信号光は、入力ポート210から光ファイバ212に入力し、光ファイバ212を伝搬して偏波変換装置214に入力する。偏波変換装置214は偏波変換装置12と全く同じ構成からなり、任意の偏波の入力光を所望の角度の直線偏波に変換する。偏波変換装置214により直線偏波に変換された信号光は、光ファイバ216を伝搬して偏光ビームスプリッタ218に入力する。偏光ビームスプリッタ218は、光ファイバ216からの光を2つの直交する偏波成分（例えば、TEとTM）に分波し、一方（例えば、TE成分）を光ファイバ220に、他方（例えば、TM成分）を光ファイバ222に出力する。

【0061】光ファイバ220を伝搬する光のほとんどは、光スイッチ224を介して信号受信用の受光素子226に入射するが、その残りは、光カップラ228により分波されて受光素子230に入射する。BPF232は、BPF26と同様に、受光素子230の出力から信号のクロック成分を抽出する。

【0062】同様に、光ファイバ222を伝搬する光のほとんどは、光スイッチ224を介して信号受信用の受光素子226に入射するが、その残りは、光カップラ234により分波されて受光素子236に入射する。BPF238は、BPF232と同様に、受光素子236の出力から信号のクロック成分を抽出する。

【0063】比較回路240は、BPF232、238の出力を比較し、その比較結果により、後述するように、BPF232の出力による偏波制御とBPF238の出力による偏波制御とを切り替える。BPF232、238の出力はまた、それぞれスイッチ242の選択接点242a、242bに印加される。スイッチ242の共通接点242cは制御回路244の入力に接続する。スイッチ242は、比較回路240の比較結果に従い、BPF232又は同238の出力を選択して制御回路244に印加する。

【0064】制御回路244は、スイッチ242の共通接点242cからの信号に従い、その信号レベルが最大になるような、偏波変換装置214に対する駆動電流を生成し、偏波変換装置214に印加する。制御回路244はまた、比較回路240によるスイッチ242の切り替えに従い、BPF232又は同238の出力を最大にする制御動作をリセットする。スイッチ242の切り替えにより制御回路244の制御動作の連続性が断たれるからである。スイッチ242の切り替えによっても偏波変換装置214に対する駆動電流値を継続的に制御できる場合には、このような制御動作のリセットは不要である。

【0065】一般的には、比較回路240は、BPF232、238の出力を比較し、その大小に応じて、スイ

ッチ242光スイッチ224を切り替える。すなわち、BPF232の出力がBPF238の出力より大きいときには、比較回路240は、スイッチ242にBPF232の出力を選択させ、逆に、BPF238の出力がBPF232の出力より大きいときには、スイッチ242にBPF238の出力を選択させる。

【0066】BPF232の出力による偏波制御と、BPF238の出力による偏波制御との切り替えにはヒステリシス特性を持たせてもよい。そうすれば、スイッチ242が頻繁に切り替わるのを防止できる。例えば、BPF232の出力がBPF238の出力より小さい状態からBPF238の出力より大きくなる方向に相対的に変化する場合には、比較回路240は、BPF232の出力がBPF238の出力より所定値以上、大きくなったときに、スイッチ242にBPF232の出力を選択させる。BPF232、238の出力の変化が逆の関係にある場合、比較回路240は、BPF238の出力がBPF232の出力より所定値以上、大きくなったときに、スイッチ242にBPF238の出力を選択させる。

【0067】比較回路240はまた、スイッチ242の切り替えに同期して、光スイッチ224を切り替える。すなわち、比較回路240は、スイッチ242にBPF232の出力を選択させるときには、光スイッチ224に光ファイバ220からの入力光を選択させ、逆に、スイッチ242にBPF238の出力を選択させるときには、光スイッチ224に光ファイバ222からの入力光を選択させる。

【0068】光スイッチ224は、ニオブ酸リチウム導波路の方向性結合器の中間に1/2波長板を挿入することで無偏光化した光スイッチからなる。しかし、先の実施例と同様に、光ファイバ220、222を偏波保持ファイバとし、光スイッチ224に入射する2つの光を互いに直交させておけば、コヒーレントクロストークが生じない。この場合には、光スイッチ224は、消光比の低いニオブ酸リチウム導波路の光スイッチでもよい。

【0069】図5に示す実施例では、光伝送路の状態が変化して、主軸としていた方向の信号が小さくなり、主軸方向に直交する偏波成分が大きくなるような事態が生じて、新たな主軸方向成分に追従して、偏波モード分散補償を継続できる。すなわち、主軸が交代しても、支障なく偏波モード分散の補償を継続できる。

【0070】図5に示す実施例でも、BPF232、238は、直流より高い周波数から、クロック成分の周波数を越すクロック成分近傍の周波数までの中のデータ成分を抽出するようにしても良い。但し、雑音が多くなり、不安定になりやすい。例えば、BPF232、238の通過中心周波数を5GHzとしてもよい。

【0071】図6は、図4に示す実施例と図5に示す実施例を合体した実施例の概略構成ブロック図を示す。本

実施例は、図4に示す実施例と同様に、基本的に同じ構成からなる2つの偏波モード分散補償系A、Bを具備し、各補償系A、Bは、図5に示す実施例と同様に、主軸方向の成分及び主軸方向に直交する方向の成分の両方をレベルを調べ、レベルの大きい方の成分で偏波モード分散を補償する。このように構成することで、伝送信号の偏波がポアンカレ球上を何周も回るように光伝送系、及び、主軸が交代するような光伝送系のどちらにもそのまま適用でき、偏波モード分散を支援なく補償できる。

【0072】図6に示す実施例の構成と動作を説明する。光伝送路からの信号光は、入力ポート310から3dB光カップラ312に入力し、ここで2系統A、Bに分割される。3dB光カップラ312で分割された2つの信号光は、それぞれ、光ファイバ314a、314bを伝送して偏波変換装置316a、316bに入射する。偏波変換装置316a、316bは偏波変換装置12、116a、116bと全く同じ構成からなり、入射光の偏波を所望の角度の直線偏波に変換する。

【0073】偏波変換装置316aにより直線偏波に変換された信号光は、光ファイバ318aを伝搬して偏光ビームスプリッタ320aに入力する。偏光ビームスプリッタ320aは、光ファイバ318aからの光を2つの直交する偏波成分（例えば、TEとTM）に分波し、一方（例えば、TE成分）を光ファイバ322aに、他方（例えば、TM成分）を光ファイバ324aに出力する。

【0074】光ファイバ322aを伝搬する光のほとんどは、光スイッチ326aを介して光スイッチ328の一方のポートに入射するが、その残りは、光カップラ330aにより分波されて受光素子332aに入射する。BPF334aは、BPF26、132aと同様に、受光素子332aの出力から信号のクロック成分を抽出する。

【0075】同様に、光ファイバ324aを伝搬する光のほとんどは、光スイッチ326aを介して光スイッチ328の他方のポートに入射するが、その残りは、光カップラ336aにより分波されて受光素子338aに入射する。BPF340aは、BPF232、238と同様に、受光素子338aの出力から信号のクロック成分を抽出する。

【0076】制御回路342aは、図5に示す実施例の比較回路240、スイッチ242及び制御回路244の機能を具備する。制御回路342aは更に、制御回路134a、134bと同様に、追従優先モード又は規制優先モードで動作でき、また、偏波変換装置316aに対する駆動電流が規制値を超えたかどうかを示す情報をスイッチ制御回路344に供給する。

【0077】以上、A系統の構成と動作を説明したが、符号に付加された'a'を'b'と読み替えることで、

B系統の構成及び動作の説明とすることができる。従って、B系統の構成と動作の詳細な説明を省略する。

【0078】スイッチ制御回路344は、追従優先モード及び規制優先モードのどちらで動作すべきかを制御回路342a、342bに指示する。スイッチ制御回路344は、制御回路342a、342b及び光スイッチ328に対して、スイッチ制御回路136と同様に動作する。即ち、A系統の偏波モード分散補償結果を光スイッチ328で選択する場合には、光スイッチ328に光スイッチ326aからの信号光を選択させ、制御回路342aを追従優先モードで動作させ、制御回路342bを規制優先モードで動作させる。A系統で偏波変換装置316aに対する駆動電流がポアンカレ球上で1周以上してしまったときには、スイッチ制御回路344は、光スイッチ328に光スイッチ326bからの信号光を選択させ、制御回路342aを初期化した上で規制優先モードで動作させ、制御回路342bを追従優先モードで動作させる。

【0079】光スイッチ328で選択された信号光は受信処理用の受光素子346に入射する。受光素子346は入力光の強度変化に応じて振幅が変化する電気信号を出力する。受光素子346の出力は、受信処理系へ供給される。

【0080】光スイッチ326a、326b、328は、ニオブ酸リチウム導波路の方向性結合器の中間に1/2波長板を挿入することで無偏光化した光スイッチからなる。しかし、先の実施例と同様に、光ファイバ322a、322b、324a、324bを偏波保持ファイバとし、光スイッチ326a、326bに入射する2つの光を互いに直交させておけば、コヒーレントクロストークが生じない。この場合には、光スイッチ326a、326bは、消光比の低いニオブ酸リチウム導波路の光スイッチでもよい。

【0081】このように、図6に示す実施例は、図4に示す実施例の利点と図5に示す実施例の利点を併せ持つ。すなわち、図6に示す実施例は、ポアンカレ球上で何周も偏波が回るような光伝送系でも適用でき、且つ、主軸が交代しても偏波モード分散を補償し続けることができる。

【0082】光スイッチ124、224、326a、326b、328としてニオブ酸リチウム導波路を用いたが、2台の電気吸収型光変調器と3dBカップラを組み合わせた光スイッチでもよい。

【0083】図4及び図6に示す実施例では、2系統の偏波モード分散補償結果を光スイッチで選択したが、2系統の各偏波モード分散補償結果を別々の受光素子に入力して電気信号に変換し、その受光素子の出力を電気スイッチで選択するようにしてもよいことは明らかである。

【0084】図6に示す実施例でも、先の各実施例と同

様に、BPF334a、334b、340a、340bは、直流より高い周波数から、クロック成分の周波数を越すクロック成分近傍の周波数までの中のデータ成分を抽出するようにしても良い。但し、雑音が多くなり、不安定になりやすい。例えば、BPF334a、334b、340a、340bの通過中心周波数を5GHzとしてもよい。

【0085】図4、図5及び図6に示す実施例では、光スイッチ124、224、328で信号光を選択した後、受光素子126、226、346により電気信号に変換しているが、先に、受光素子で個別に電気信号に変換してから電気スイッチでそれら受光素子の出力を選択するようにしてもよい。図7は、図4に示す実施例をそのように変更した実施例の概略構成ブロック図を示す。図4と同じ構成要素には同じ符号を付してある。

【0086】受光素子140a、140bはそれぞれ、光ファイバ122a、122bからの信号光を電気信号に変換し、得られた電気信号を電気スイッチ142の別々の選択接点に供給する。電気スイッチ142は、スイッチ制御回路136からの切り替え制御信号に従い、受光素子140a又は同140bの出力を選択して、後段の受信処理回路に供給する。

【0087】図1に示す実施例に関連して言及したように、図7に示す構成では、受光素子140a、140bの出力をBPF132a、132bにも供給するようにすることで、分波器122a、122b及び受光素子128a、128bを省略できる。図5及び図6に示す実施例に対しては、一方の偏波成分に対する分波器及び受光素子を省略できることになる。

【0088】図7に示す実施例では、高速の光スイッチ124、224、328を必要としないという利点がある。

【0089】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、ファラデー回転子を使った偏波変換器を使うことにより、速い偏波の変化に追従して、偏波モード分散を補償できる。機械式可動部品を使用しないことにより、長期にわたって使用でき、高い信頼性を確保できる。更には、偏波モード分散補償量を入射光の偏波モード分散量に応じて変化させることができるので、光伝送路の伝送状態の変化に応じて適応的に偏波モード分散を補償できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 偏波変換装置12の斜視図である。

【図3】 ポアンカレ球上で、偏波変換装置12による偏波変換の様子を示す模式図である。

【図4】 本発明の第2実施例の概略構成ブロック図である。

【図5】 本発明の第3実施例の概略構成ブロック図である。

【図6】 本発明の第4実施例の概略構成ブロック図である。

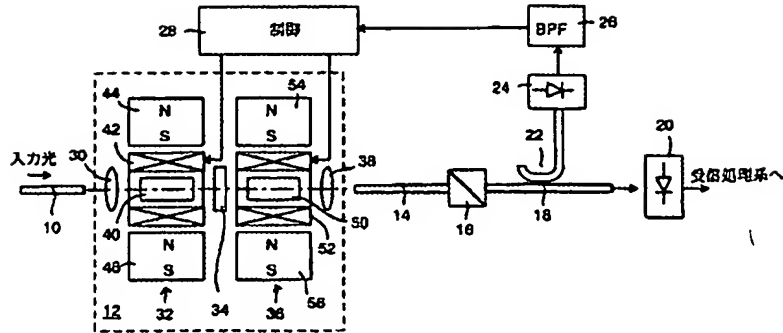
【図7】 本発明の第5実施例の概略構成ブロック図である。

【図8】 偏波モード分散の模式図である

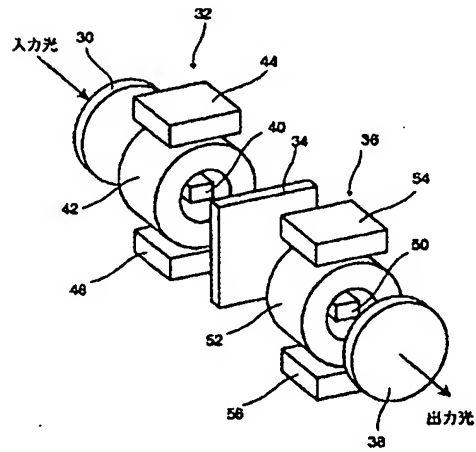
【符号の説明】

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 10: 光ファイバ                   | 120a, 120b: 偏光ビームスプリッタ |
| 12: 偏波変換装置                  | 122a, 122b: 光ファイバ      |
| 14: 光ファイバ                   | 124: 光スイッチ             |
| 16: 偏光ビームスプリッタ              | 126: 信号受信用受光素子         |
| 18: 光ファイバ                   | 128a, 128b: 光カップラ      |
| 20: 信号受信用受光素子               | 130a, 130b: 受光素子       |
| 22: 光カップラ                   | 132a, 132b: BPF        |
| 24: 受光素子                    | 134a, 134b: 制御回路       |
| 26: バンドパスフィルタ (BPF)         | 136: スイッチ制御回路          |
| 28: 制御回路                    | 140a, 140b: 受光素子       |
| 30: コリメータレンズ                | 142: 電気スイッチ            |
| 32: 第1の偏波変換器                | 210: 入力ポート             |
| 34: 1/4波長板                  | 212: 光ファイバ             |
| 36: 第2の偏波変換器                | 214: 偏波変換装置            |
| 38: 集光レンズ                   | 216: 光ファイバ             |
| 40: ファラデー回転子                | 218: 偏光ビームスプリッタ        |
| 42: コイル                     | 220: 光ファイバ             |
| 44, 46: 磁石                  | 222: 光ファイバ             |
| 50: ファラデー回転子                | 224: 光スイッチ             |
| 52: コイル                     | 226: 信号受信用受光素子         |
| 54, 56: 磁石                  | 228: 光カップラ             |
| 54, 56からなる。                 | 230: 受光素子              |
| 60: 北極                      | 232: BPF               |
| 62: 南極                      | 234: 光カップラ             |
| 63: 垂直偏波                    | 236: 受光素子              |
| 64: 子午線                     | 238: BPF               |
| 65: 水平偏波                    | 240: 比較回路              |
| 66: 赤道                      | 242: スイッチ              |
| 68: 入射光の偏波位置                | 244: 制御回路              |
| 70: 第1の偏波変換器32による偏波変換後の偏波位置 | 310: 入力ポート             |
| 72: 1/4波長板34の射出光の偏波位置       | 312: 3dB光カップラ          |
| 74: 第2の偏波変換器36による偏波変換後の偏波位置 | 314a, 314b: 光ファイバ      |
| 110: 入力ポート                  | 316a, 316b: 偏波変換装置     |
| 112: 3dB光カップラ               | 318a, 318b: 光ファイバ      |
| 114a, 114b: 光ファイバ           | 320a, 320b: 偏光ビームスプリッタ |
| 116a, 116b: 偏波変換装置          | 322a, 322b: 光ファイバ      |
| 118a, 118b: 光ファイバ           | 324a, 324b: 光ファイバ      |
|                             | 326a, 326b: 光スイッチ      |
|                             | 328: 光スイッチ             |
|                             | 330a, 330b: 光カップラ      |
|                             | 332a, 332b: 受光素子       |
|                             | 334a, 334b: BPF        |
|                             | 336a, 336b: 光カップラ      |
|                             | 338a, 338b: 受光素子       |
|                             | 340a, 340b: BPF        |
|                             | 342a, 342b: 制御回路       |
|                             | 344: スイッチ制御回路          |

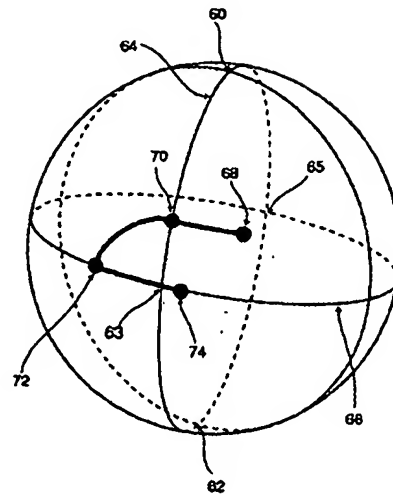
【図1】



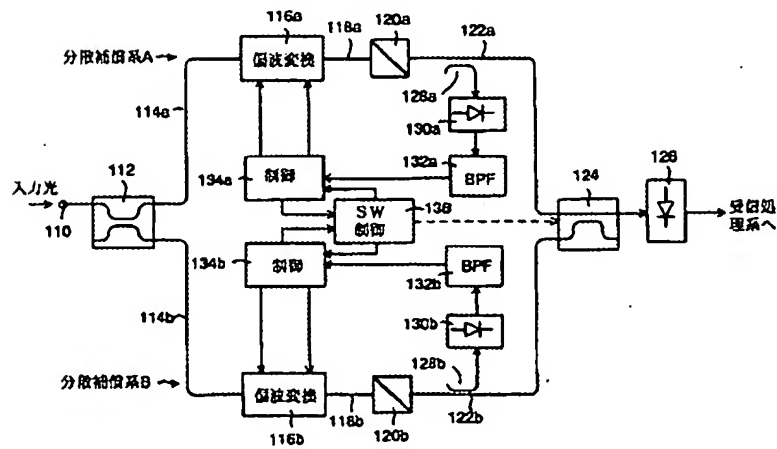
【図2】



【図3】

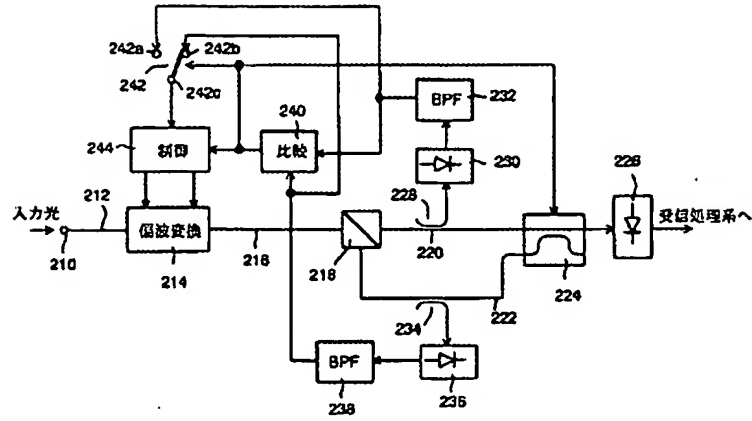


【図4】

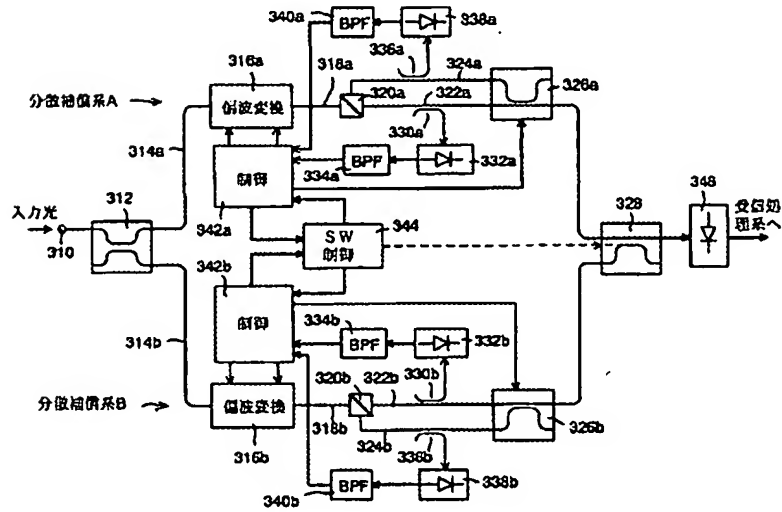




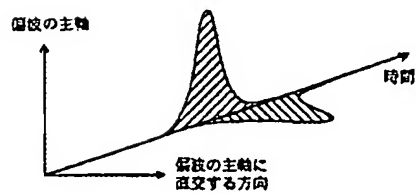
【図5】



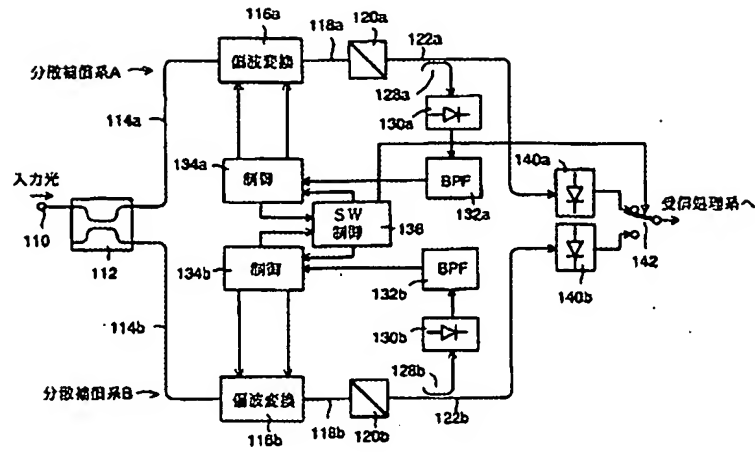
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 信介  
埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会  
社ケイディディ研究所内

Fターム(参考) 2H079 AA03 BA02 CA04 EB18 FA01  
HA09 KA06 KA19  
5K002 AA07 BA02 BA04 BA06 CA01  
DA02 DA05 FA01

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] More specifically, this invention relates to the equipment with which the polarization mode dispersion which may be produced in signal light in an optical transmission line is compensated about a polarization mode dispersion compensator.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is expanding to not knowing that the need of transmission capacity stops with the spread of the Internet. Optic fiber communication is suitable for mass transmission. The wavelength multiplex transmission system which transmits the signal light from which wavelength differs with one optical fiber can be adopted, the number of wavelength can be increased, and transmission capacity can be increased comparatively easily by gathering the modulation rate of the signal light of each wavelength. In order to improve receiving sensibility, when wavelength multiplex transmission is performed, in order to reduce a mutual phase modulation, it is becoming in use that return two zero (RZ) use for signal light.

[0003] Although an optical fiber is the symmetry of revolution to the medial axis (medial axis of a fiber) of a core ideally, the amount of wavelength dispersion of signal light changes in the include-angle direction centering on the medial axis of a core with few asymmetry produced from fluctuation of a production process. This brings about the so-called polarization mode dispersion. If the modulation rate of signal light exceeds 5Gbit(s)/a second, as shown in drawing 8, RZ signal will separate into two polarization components (so-called TE component and so-called TM component) which intersect perpendicularly on a time-axis by polarization mode dispersion. This produces a digital error in the reception of a receiving side. The time interval of the separated orthogonal component is disorderly changed in time generally, although it is dependent on the condition of an optical transmission line.

[0004] A means to compensate this kind of polarization mode dispersion for example OFC'99IOOC [ / else / Roy / Fabian ] () [ OFC(Optical Fiber Communication) and the International Conference - Integrated ] Optics and Optical Fiber Communicationz (IOOC), TuS 4-1, and pp.275-278, OFC'99IOOC [ / else / Ooi / Hiroki ] () [ OFC(Optical FiberCommunication) and the International Conference - Integrated ] Optics and Optical Fiber It is indicated by Communicationz(IOOC) WE 5-1.

[0005] The polarization controller from which the conventional polarization mode dispersion compensator changes the signal light from an optical transmission line into two polarization which intersects perpendicularly fundamentally, The polarization mode dispersion compensation component which gives fixed time difference to the output light between the polarization components of the 2-way which intersects perpendicularly, Output luminous intensity or degree of polarization Degree of a polarization maintenance fiber of Polarization (DOP) is measured and it consists of a measuring instrument which controls the polarization controlled variable or angle of rotation by the polarization controller so that a measurement result becomes max. DOP is measured by the former reference. By the latter reference, a clock component with a frequency [ of the one half of opposite Perilla frutescens (L.) Britton var. crispa (Thunb.) Decne. ] of 20GHz is measured in the NRZ signal light of 40 Gbits/s.

[0006] A polarization controller consists of structure which has arranged serially the quarter-wave length plate and 1/2 wavelength plate, and a measuring instrument rotates both wavelength plates mechanically centering on an optical axis according to a measurement result. Thereby, the polarization of incident light is changed into a linearly polarized wave. Generally a polarization maintenance fiber is used for a polarization distribution compensation component. A polarization maintenance fiber has the slow shaft and first shaft which intersect perpendicularly mutually, and wavelength dispersion differs between the two shafts. Consequently, since the velocity of propagation of signal light will differ between two shafts, a polarization maintenance fiber can give the polarization mode dispersion of the amount according to the velocity-of-propagation difference and the length between that shaft. In the conventional example, feedback control of the polarization controller is carried out so that the optical reinforcement of the output light of a polarization maintenance fiber or DOP may become max. This cancels the time difference between the rectangular direction components given in the optical transmission line with a polarization maintenance fiber, and polarization mode dispersion can be compensated.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Also at the lowest on the usual long-distance optical-fiber-transmission way, the polarization of signal light changes in several 10m second. However, since the response of a mechanical polarization controller is a second unit, the conventional polarization mode dispersion compensator cannot be followed at change of quick polarization.

[0008] Moreover, since a mechanical polarization controller is used in the conventional example, it is difficult to use it for a long period of time, continuing. It is unreliable if it puts in another way.

[0009] Furthermore, with conventional equipment, since the polarization maintenance fiber with the fixed amount of polarization mode dispersion compensation was used, when signal light only with slight polarization mode dispersion inputs, for example, polarization mode dispersion will be given conversely. This increases a digital error.

[0010] This invention is adapted for the polarization condition of input signal light, and aims at showing the polarization mode dispersion compensator with which the polarization mode dispersion is compensated.

[0011] This invention aims at showing the polarization mode dispersion compensator with which the polarization mode dispersion of the larger range can be compensated.

[0012] This invention cancels such un-arranging again, and it aims at showing the polarization mode dispersion compensator which can answer more quickly.

[0013] This invention aims at showing the polarization mode dispersion compensator with which automatic adaptation is carried out and the polarization condition of input signal light can be compensated for polarization mode dispersion again.

[0014] This invention aims at showing further the polarization mode dispersion compensator which can hold high dependability over a long period of time.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The polarization inverter which the polarization mode dispersion compensator concerning this invention is equipment with which the polarization mode dispersion of input signal light is compensated, and changes the polarization of the input signal light concerned into the linearly polarized wave of the include angle of arbitration, A polarization extract means to extract one [ at least ] polarization component of the two components which intersect perpendicularly mutually from the output light of the polarization inverter concerned, It is characterized by consisting of a signal extract means to extract a predetermined component signal from the output light of the polarization extract means concerned, and a control means which controls the polarization inverter concerned according to the output of the signal extract means concerned so that the output of the signal extract means concerned becomes larger.

[0016] By this configuration, automatic adaptation is carried out and the polarization condition of input signal light can be compensated with this invention for the polarization mode dispersion of input signal light.

[0017] A signal extract means extracts the signal of the predetermined component concerned from the output of the photo detector which changes the output light of one polarization of the polarization extract means concerned into an electrical signal, and the photo detector concerned preferably, and consists of a signal extractor supplied to the control means concerned. A signal extractor is the electrical filter which extracts the clock component reinforcement of the input signal light concerned, or an electrical filter which extracts the average light reinforcement of the input signal light concerned. Thereby, the polarization mode dispersion of input signal light can be compensated with an easy configuration.

[0018] The 1st photo detector which a signal extract means is desirable and changes the output light of one polarization of the polarization extract means concerned into an electrical signal, The 1st signal extractor which extracts the signal of the predetermined component concerned from the output of the 1st photo detector concerned, The 2nd photo detector which changes the output light of the polarization of another side of the polarization extract means concerned into an electrical signal, The 2nd signal extractor which extracts the signal of the predetermined component concerned from the output of the 2nd photo detector concerned, It consists of a comparison means to measure the output of the 1st and 2nd signal extractors concerned, and a switch which chooses one output of the 1st and 2nd signal extractors concerned, and is supplied to the control means concerned according to the comparison result of the comparison means concerned. This compensator possesses a signal selection means to choose further the signal conveyed by one polarization of the polarization extract means concerned according to the comparison result concerned of the comparison means concerned. The 1st and 2nd signal extractors concerned are the electrical filter which extracts the clock component reinforcement of the input signal light concerned, or an electrical filter which extracts the average light reinforcement of the input signal light concerned, respectively. Thereby, even if conversion of a main shaft occurs, the polarization mode dispersion of input signal light can be compensated continuously convenient.

[0019] A polarization inverter consists of equipment which rotates the polarization of the input signal light concerned by Faraday rotation. A polarization inverter consists of a wavelength plate which moves preferably the output light of the 1st polarization converter which moves polarization for the input signal light concerned along the latitude on the Poincare sphere by Faraday rotation, and the 1st polarization converter concerned onto the equator of the Poincare sphere concerned, and the 2nd polarization converter which moves the polarization of the output light of the wavelength plate concerned along the equator top of the Poincare sphere concerned. The 1st and 2nd polarization transducers concerned consist of a magnet which impresses the steady field of the strength which carries out magnetic saturation of the Faraday cell concerned of the direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of the Faraday cell concerned to a Faraday cell and a magnetic generating means for the drive current to have been followed from the control means concerned and to impress the field of the direction of an optical axis of the Faraday cell concerned to the Faraday cell concerned to the Faraday cell concerned, respectively. Thereby, since polarization is convertible without moving-part material, the high dependability over a long period of time is securable. Moreover, a high-speed response is attained.

[0020] The optical separator which the polarization mode dispersion compensator concerning this invention is equipment with which the polarization mode dispersion of input signal light is compensated again, and divides the input signal light concerned into two, The 1st polarization inverter which changes the polarization of one output light of the optical separator concerned into the linearly polarized wave of the include angle of arbitration, The 1st polarization extractor which extracts a predetermined polarization component from the output light of the 1st polarization inverter concerned, And the 1st distributed compensator possessing the 1st control means which controls polarization conversion of the 1st polarization inverter concerned so that the output light reinforcement of the 1st polarization extractor concerned becomes larger, The 2nd polarization inverter which changes the polarization of the output light of another side of the optical separator concerned into the linearly polarized wave of the include angle of arbitration, The control signal over the 2nd polarization extractor which extracts a predetermined polarization component from the output light of the 2nd polarization inverter concerned, and the 2nd polarization inverter concerned in the condition of having regulated to predetermined

regulation value within the limits The 2nd distributed compensator possessing the 2nd control means which controls polarization conversion of the 2nd polarization inverter concerned so that the output light reinforcement of the 2nd polarization extractor concerned becomes larger, One output of the 1st and 2nd distributed compensators concerned can be chosen freely. At the beginning The control state of the signal selecting switch which chooses the output of the 1st distributed compensator concerned, and the 1st and 2nd polarization inverters concerned by the 1st and 2nd control means concerned is supervised. It is the switch control means which controls the signal selecting switch concerned in the 1st and 2nd control means lists concerned according to the monitor result. When the control signal over the 1st wavelength inverter concerned of the 1st control means concerned exceeds the regulation value, while making the output of the 2nd distributed compensator concerned choose it as the signal selecting switch concerned It is characterized by providing the switch control means which makes the 2nd control means concerned control polarization conversion of the 2nd polarization inverter concerned regardless of the regulation value of the control signal over the 2nd polarization inverter concerned so that the output light of the 2nd polarization extractor concerned becomes larger.

[0021] By this configuration, it is adapted for the polarization condition of input signal light, and that polarization mode dispersion can be compensated. Moreover, when the polarization of an optical transmission line changes so that it turns around the Poincare sphere 1 round or more, it can prevent continuing supplying an excessive control signal to a polarization converter, and that it is dependent on the distributed compensation condition in an excessive control signal by switching to the 2nd distributed compensator immediately. Thereby, high dependability is securable.

[0022] Regardless of the regulation value of the control signal over the 2nd polarization inverter concerned, preferably a switch control means to the 2nd control means concerned When making polarization conversion of the 2nd polarization inverter concerned control so that the output light of the 2nd polarization extractor concerned becomes larger, the control signal over the 1st polarization inverter concerned in the condition of having regulated at predetermined regulation value within the limits, to the 1st control means concerned Polarization conversion of the 1st polarization inverter concerned is made to control so that the output light of the 1st polarization extractor concerned becomes larger. When a superfluous control signal comes to be supplied to the 2nd distributed compensator by this, it becomes possible immediately to change to the 1st distributed compensator again, and distributed compensation stabilized at the long period of time can be acquired continuously.

[0023] The 1st and 2nd control means control polarization conversion of the 1st and 2nd polarization inverters concerned, respectively so that the predetermined component signal acquired from the predetermined polarization component concerned extracted by the 1st and 2nd polarization extractors concerned becomes large. The predetermined component signal concerned is a signal which shows the clock component reinforcement of the input signal light concerned, for example.

[0024] The 1st photo detector from which the 1st control means changes into an electrical signal preferably the output light of one polarization of the two cross polarization components outputted from the 1st polarization extractor concerned further, The 1st signal extractor which extracts the predetermined component signal concerned from the output of the 1st photo detector concerned, The 2nd photo detector which changes into an electrical signal the output light of the polarization of another side outputted from the 1st polarization extractor concerned, The 2nd signal extractor which extracts the predetermined component signal concerned from the output of the 2nd photo detector concerned, The 1st comparison means which measures the output of the 1st and 2nd signal extractors concerned, According to the comparison result of the 1st comparison means concerned, the 1st selector which chooses one output of the 1st and 2nd signal extractors concerned is provided, and polarization conversion of the 1st polarization inverter concerned is controlled so that the output of the 1st selector concerned becomes large. The 3rd photo detector from which the 2nd control means concerned changes into an electrical signal further the output light of one polarization of the two cross polarization components outputted from the 2nd polarization extractor concerned, The 3rd signal extractor which extracts the predetermined component signal concerned from the output of the 3rd photo detector concerned, The 4th photo detector which changes into an electrical signal the output light of the

polarization of another side outputted from the 2nd polarization extractor concerned, The 4th signal extractor which extracts the predetermined component signal concerned from the output of the 4th photo detector concerned, The 2nd comparison means which measures the output of the 3rd and 4th signal extractors concerned, According to the comparison result of the 2nd comparison means concerned, the 2nd selector which chooses one output of the 3rd and 4th signal extractors concerned is provided, and polarization conversion of the 2nd polarization inverter concerned is controlled so that the output of the 2nd selector concerned becomes large. And the 1st distributed compensator concerned follows the comparison result concerned of the 1st comparison means concerned further. The 1st signal selector which chooses the signal conveyed by one polarization of the 1st polarization extractor concerned is provided. The 2nd distributed compensator concerned further by this possessing the 2nd signal selector which chooses the signal conveyed by one polarization of the 2nd polarization extractor concerned according to the comparison result concerned of the 2nd comparison means concerned According to it, compensating polarization mode dispersion, even if exchange of a main shaft arises can be continued convenient.

[0025] Preferably, the 1st and 2nd polarization inverters consist of equipment which rotates the polarization of input light by Faraday rotation. More specifically, the 1st and 2nd polarization inverters concerned consist of a wavelength plate which moves the output light of the 1st polarization converter which moves polarization for the input signal light concerned along the latitude on the Poincare sphere by Faraday rotation, and the 1st polarization converter concerned onto the equator of the Poincare sphere concerned, and the 2nd polarization converter which moves the polarization of the output light of the wavelength plate concerned along the equator top of the Poincare sphere concerned, respectively. The 1st and 2nd polarization transducers consist of a magnet which impresses the steady field of the strength which carries out magnetic saturation of the Faraday cell concerned of the direction which intersects perpendicularly in the direction of an optical axis of the Faraday cell concerned to a Faraday cell and a magnetic generating means for the drive current to have been followed from the control means concerned and to impress the field of the direction of an optical axis of the Faraday cell concerned to the Faraday cell concerned to the Faraday cell concerned, respectively. Thereby, since polarization is convertible without moving-part material, the high dependability over a long period of time is securable. Moreover, a high-speed response is attained.

[0026]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0027] Drawing 1 shows the outline configuration block Fig. of the 1st example of this invention. The configuration and actuation of an example which are shown in drawing 1 are explained. The signal light from an optical transmission line is inputted into an optical fiber 10, spreads an optical fiber 10 and inputs it into the polarization inverter 12. The polarization inverter 12 is equipment changed into the linearly polarized wave of the include angle of a request of the input light of the polarization of arbitration, and specifically consists of a configuration indicated by drawing 4 (or drawing 15 of U.S. Pat. No. 5,739,943) of JP,9-61772,A, and the written contents of this official report are adopted in this specification. The detailed configuration and actuation of the polarization inverter 12 are mentioned later.

[0028] The signal light changed into the linearly polarized wave by the polarization inverter 12 spreads an optical fiber 14, and inputs it into a polarization beam splitter 16. A polarization beam splitter 16 separates the light from an optical fiber 14 spectrally into two polarization components (for example, TE and TM) which intersect perpendicularly, and, on the other hand (for example, TE component), outputs it to an optical fiber 18. In this example, a polarization beam splitter 16 functions as a polarizer which extracts the polarization component of the specific direction.

[0029] Although incidence of most light which spreads an optical fiber 18 is carried out to the photo detector 20 for signal reception, it is separated spectrally by the optical coupler 22 and incidence of the remainder is carried out to a photo detector 24. A band pass filter (BPF) 26 extracts the clock component of a signal from the output of a photo detector 24. For example, when the signal light inputted from an optical transmission line is modulated by 10 Gb/s, the passage center frequency of BPF26 is set to



10GHz. So to speak, the output of BPF26 reflects the signal spectrum component reinforcement of signal light. According to the output of BPF26, a control circuit 28 controls the polarization include angle of the output light by the polarization inverter 12 so that the output of BPF26 becomes max.

[0030] Thereby, the polarization inverter 12 changes the polarization of the signal light from an optical transmission line into the linearly polarized wave of an include angle from which the amplitude of signal light (TE wave) becomes max on an optical fiber 18. That is, the signal light by which polarization mode dispersion was canceled carries out incidence to a photo detector 20. Consequently, the polarization mode dispersion on an optical transmission line is canceled completely. And since it can follow at sufficient rate also for fluctuation of the polarization mode dispersion on an optical transmission line, a digital error can be reduced and the receiving engine performance can be raised sharply.

[0031] As the control approach of the polarization inverter 12 by the control circuit 28, the various methods of searching for maximum can be used. For example, by the 1st approach, the control value over the polarization inverter 12 is fluctuated slightly, the polarization include angle of the output light of the polarization inverter 12 is fluctuated, a control value with the larger output of BPF26 is adopted from the comparison of the output of BPF26 before and behind that, and the control action is henceforth performed on a target serially. By the 2nd approach, after determining the direction where the output of BPF26 becomes large as a result of first stage-actuation of somethings according to the 1st approach, a control value is serially changed in the direction to a target until the output of BPF26 changes to reduction. Furthermore, the approach of incorporating collectively the output of BPF26 to the control value of each point classified roughly within controllable limits, and searching serially the range where the output of BPF26 becomes max on a target from the result may be used. Combination is suitably possible for these approaches.

[0032] What is necessary is just to make it impress the output of a photo detector 20 also to BPF26, if the same photo-electric-conversion engine performance is sufficient as a photo detector 20 and a photo detector 24. In that case, an optical coupler 22 and a photo detector 24 are omissible.

[0033] The configuration and actuation of the polarization inverter 12 are explained briefly. Drawing 2 shows the perspective view of the polarization inverter 12. Outgoing radiation light of an optical fiber 10 is made a collimated beam by the collimator lens 30, and carries out incidence to the 1st polarization converter 32. The 1st polarization converter 32 moves the polarization of incident light on the same parallel from the condition of arbitration. The output light of the 1st polarization converter 32 penetrates the quarter-wave length plate 34, and it carries out incidence to the 2nd polarization converter 36. The quarter-wave length plate 34 moves polarization on the equator, when 90 degrees rotates focusing on the line which connects the point which shows a perpendicular linearly polarized wave, and the point which shows a level linearly polarized wave on the Poincare sphere. The 2nd polarization converter 36 is convertible for the include angle of a request of polarization on the equator. It is condensed with a condenser lens 38 and incidence of the output light of the 2nd polarization transducer 36 is carried out to an optical fiber 14.

[0034] The polarization converter 32 consists of the following configurations. Faraday rotator 40 is arranged on the optical axis. Faraday rotator 40 consists of garnet film in which the Faraday effect is shown. Around Faraday rotator 40, the coil 42 is arranged so that a field may be impressed in the direction of an optical axis to Faraday rotator 40. By adjusting the current passed in a coil 42, the reinforcement of the impression field of the direction of an optical axis can be adjusted. Magnets 44 and 46 are arranged so that the fixed field of the direction of a coil 42 which intersected perpendicularly with the optical axis to Faraday rotator 40 outside further may be impressed. The field to which magnets 44 and 46 impress Faraday rotator 40 is set up so strongly that magnetic saturation of Faraday rotator 40 is carried out.

[0035] The polarization converter 36 consists of the same configuration as the polarization converter 36. That is, the polarization transducer 36 is arranged around Faraday rotator 50 arranged on an optical axis, and Faraday rotator 50, is arranged on the outside of the coil 52 which impresses a field in the direction of an optical axis to Faraday rotator 50, and a coil 52, and consists of magnets 54 and 56 which impress

the steady field of the direction which intersected perpendicularly with the optical axis to Faraday rotator 50.

[0036] Although indicated by the above-mentioned official report for details, by the polarization converters 32 and 36, the direction of the synthetic field impressed to Faraday rotators 40 and 50 can be changed from plus to minus by the thing for which the current impressed to coils 42 and 52 is changed in the range of  $+I$  to  $-I$  and which adjust. Thereby, the polarization converters 32 and 36 can change polarization in the direction of a parallel on the Poincare sphere, respectively.

[0037] Theoretically, the polarization converter 32 changes the incident light of the polarization of the arbitration which it is in any of rotation polarization, a linearly polarized wave, and an elliptically polarized wave into a perpendicular direction and the elliptically polarized wave which has a shaft horizontally. A wavelength plate 34 changes the elliptically polarized wave of the output light of the polarization converter 32 into a linearly polarized wave. And the polarization converter 36 changes into the linearly polarized wave of a desired include angle the linearly polarized wave obtained by the wavelength plate 34.

[0038] Drawing 3 is the mimetic diagram showing the situation of the polarization conversion by the polarization inverter 12 on the Poincare sphere. In the north pole and 62, the south pole and 63 show a vertical linearly polarized wave and a linearly polarized wave with 64 [ horizontal / the meridian and 65 ], and 66 shows [ 60 ] the equator, respectively. The polarization of the incident light (Hikaru Idei of an optical fiber 10) of the polarization inverter 12 presupposes that it is in the location shown with a sign 68. The 1st polarization converter 32 rotates [ include angle / appointed ] the polarization (68 of drawing 3) of incident light on the same parallel. Here, the 1st polarization converter 32 presupposes for convenience that polarization was moved to the location 70 of the meridian 64. The quarter-wave length plate 34 rotates 90 degrees of polarization of a location 70 focusing on the line which connects the point 63 of a vertically polarized wave, and the point 65 of a horizontally polarized wave, and is moved to the location 72 on the equator 66. And the 2nd polarization converter 36 can move only a desired include angle on the equator 66, for example, moves the polarization of the location 72 on the equator 66 to a location 74. That is, polarization moves to a location 72 through locations 70 and 72 from a location 68. Thus, the polarization inverter 12 of this example can change the light of a desired polarization condition into the linearly polarized wave of the include angle of arbitration.

[0039] Since the speed of response of the polarization conversion by the electromagnet which consists of Faraday rotators 40 and 50 and coils 42 and 52 is about 100kHz, it can fully catch up also with change of a polarization-like bear quicker than 10 mses.

[0040] Although the polarization inverter 12 was controlled by the above-mentioned example so that only a predetermined shaft-orientations component was detected among the linearly polarized waves of the output light of the polarization inverter 12 and it became max Detect the optical reinforcement (or amplitude of a clock component) of both direction components which intersect perpendicularly with the predetermined direction component of the linearly polarized waves of the output light of polarization return equipment 12, and this, and both are compared. The polarization inverter 12 may be controlled so that the predetermined direction component becomes always strong rather than the direction component which intersects perpendicularly with this.

[0041] Although BPF26 extracted the clock component of a signal, you may make it extract the data component of the inside from a frequency higher than a direct current to the frequency near [ which exceeds the frequency of a clock component ] the clock component in the above-mentioned example. However, a noise increases and it is easy to become unstable. For example, it is good also considering the passage center frequency of BPF26 as 5GHz.

[0042] In this example, since it can constitute without moving part, high dependability is securable over a long period of time. Moreover, since the response is early, fluctuation of the transmission condition in an optical transmission line can also fully be followed, high effectiveness is acquired practically, and a receiving property can be improved sharply.

[0043] The polarization inverter 12 can change the polarization condition of the arbitration on the Poincare sphere into the polarization condition of arbitration. However, the current which can be passed

to Faraday rotators 40 and 50 is limited. Therefore, it may also become becoming limited [ the rotation of polarization ], and the current which will be passed in coils 42 and 52 if it uses to the transmission system in the condition that it turns around a Poincare sphere top numbers of rounds increasing, and exceeding limiting value. When the current passed in coils 42 and 52 exceeds limiting value, polarization conversion becomes impossible and it becomes impossible to compensate polarization mode dispersion.

[0044] Drawing 4 shows the outline configuration block Fig. of the 2nd example of this invention applicable also to an optical transmission system in which polarization is changed so that it may turn around a Poincare sphere top numbers of rounds.

[0045] The configuration and actuation of an example which are shown in drawing 4 are explained. The signal light from an optical transmission line is inputted into the 3dB optical coupler 112 from input port 110, and is divided into two lines here. Two signal light divided with the 3dB optical coupler 112 transmits optical fibers 114a and 114b, and they carry out incidence to the polarization inverters 116a and 116b, respectively. The polarization inverters 116a and 116b consist of the completely same configuration as the polarization inverter 12, and change the polarization of incident light into the linearly polarized wave of a desired include angle.

[0046] The signal light changed into the linearly polarized wave by the polarization inverters 116a and 116b spreads optical fibers 118a and 118b, and inputs them into polarization beam splitters 120a and 120b. Polarization beam splitters 120a and 120b separate spectrally the light from optical fibers 118a and 118b into two polarization components (for example, TE and TM) which intersect perpendicularly, and, on the other hand (for example, TE component), output it to optical fibers 122a and 122b. It functions as a polarizer with which, as for polarization beam splitters 120a and 120b, this example also extracts the polarization component of the specific direction.

[0047] Most light which spreads optical fibers 122a and 122b is inputted into two input port of an optical switch 124, respectively. An optical switch 124 chooses one input light of two input port, and supplies it to the photo detector 126 for signal reception. Input light is changed into an electrical signal and a photo detector 126 supplies it to the reception system which is not illustrated.

[0048] It is separated spectrally by optical couplers 128a and 128b, and incidence of the remainder of the light which spreads optical fibers 122a and 122b is carried out to photo detectors 130a and 130b. BPF(s) 132a and 132b extract the clock component of a signal from the output of photo detectors 130a and 130b like BPF26. According to the output of BPF(s) 132a and 132b, control circuits 134a and 134b control the polarization include angle of the output light by the polarization inverters 116a and 116b, respectively so that the output of BPF(s) 132a and 132b becomes max.

[0049] This example possesses two compensation systems called the polarization mode dispersion compensation system which consists of the polarization mode dispersion compensation system which consists of polarization inverter 116a, photo detector 130a, BPF132a, and control circuit 134a, polarization inverter 116b, photo detector 130b, BPF132b, and control circuit 134b. The two compensation systems operate like the example shown in drawing 1 mutually-independent, and compensate the polarization mode dispersion of input light. An optical switch 124 chooses one side of the polarization mode dispersion compensation result of two networks, and supplies a photo detector 126.

[0050] As for an optical switch 124, consisting of a component which does not have a polarization dependency is desirable. For example, an optical switch 124 consists of structure which inserted 1/2 wavelength plate in the middle of the directional coupler which consists of lithium-niobate waveguide.

[0051] Control circuits 134a and 134b rather than control of the drive current of the polarization inverters 116a and 116b according to the output of BPF(s) 132a and 132b The mode of operation which gives priority to regulation of a drive current which the drive current of the polarization inverters 116a and 116b does not carry out 1 round or more on the Poincare sphere (regulation priority mode), The mode of operation (flattery priority mode) which gives priority to control of the drive current of the polarization inverters 116a and 116b according to the output of BPF(s) 132a and 132b over regulation of a drive current is provided. If the drive current to the polarization inverters 116a and 116b exceeds a

regulation value, control circuits 134a and 134b will carry out the restart of the drive current from 0 (or it is the current of regulation value within the limits, and the about the same [ on the Poincare sphere ] current corresponding to a phase location), and will control the drive current of the polarization inverters 116a and 116b by the regulation priority mode in the direction in which the output of BPF(s) 132a and 132b becomes large. On the other hand, in a flattery priority mode, control circuits 134a and 134b notify the purport that the drive current exceeded the regulation value to the switch control circuit 136 while continuing controlling the drive current of the polarization inverters 116a and 116b in the direction in which the output of BPF(s) 132a and 132b becomes large as it is, even if the drive current to the polarization inverters 116a and 116b exceeds a regulation value.

[0052] The switch control circuit 136 controls the change of an optical switch 124 while controlling the mode of operation of control circuits 134a and 134b. The switch control circuit 136 makes the input light from optical fiber 122a (or 122b) specifically choose to an optical switch 124 while it operates one control circuit 134a (or 134b) by the flattery priority mode and operates control circuit 134b (or 134a) of another side by the regulation priority mode as initial setting. Control circuit 134a (or this 134b) the drive current of polarization inverter 116a (or 116b) It controls so that it is not concerned with the regulation value but the output of BPF132a (or 132b) becomes large. Control circuit 134b (or this 134a) Although the drive current of polarization inverter 116b (or 116a) is controlled so that the output of BPF132b (or 132a) becomes large, a drive current regulates in the range which does not exceed the regulation value. Since an optical switch 124 chooses the input light from optical fiber 122a, the signal light compensated with polarization inverter 116a (or 116b) for polarization mode dispersion carries out incidence to a photo detector 126.

[0053] When the signal which shows the purport that the drive current exceeded the regulation value is received from control circuit 134a (or 134b), while the switch control circuit 136 makes the input light from optical fiber 122b (or 122a) choose it as an optical switch 124 Control circuit 134b (or 134a) is operated by the flattery priority mode, and it is made to operate by the regulation priority mode, after initializing control circuit 134a (or 134b) (for example, the drive current to output 0 reset).

[0054] thus -- since the reserve network which gives priority to regulating a drive current in a regulation value, and compensates the polarization mode dispersion of input signal light with this example is prepared -- present -- even if a drive current exceeds a regulation value in the network of business, it switching to a reserve network immediately and supplying the signal light compensated for polarization mode dispersion to a photo detector 126 can be continued convenient Thereby, nothing, the loss by the change of a compensation network can also reduce a digital error, and can raise the receiving engine performance sharply. Although when it is will lapse into compensation impossible if it continues controlling in the direction in which the output of BPF(s) 132a and 132b becomes large even if the drive current of the polarization inverters 116a and 116b exceeds a regulation value, in this example, such evil is completely cancelable.

[0055] An optical switch 124 consists of an optical switch which put in and formed 1/2 wavelength plate into-less polarization in the middle of the directional coupler which consists of lithium-niobate waveguide in this example. It is because a very high extinction ratio is required of an optical switch 124 in order to reduce the coherent cross talk between the transmission-signal light which has passed along two paths.

[0056] However, between polarization beam splitter 120a and optical switches 124 and between polarization beam splitter 120b and optical switches 124 are constituted from a polarization maintenance system, and if the direction of polarization of the light which carries out incidence to an optical switch 124 is made to intersect perpendicularly mutually, a coherent cross talk will not arise. In this case, the optical switch of lithium-niobate waveguide with a low extinction ratio is sufficient as an optical switch 124.

[0057] Thus, the example shown in drawing 4 is applicable also to the optical transmission system which polarization mode dispersion which turns around a Poincare sphere top numbers of rounds produces.

[0058] You may make it BPF(s) 132a and 132b extract the data component of the inside from a

frequency higher than a direct current to the frequency near [ which exceeds the frequency of a clock component ] the clock component like the case of BPF26. However, a noise increases and it is easy to become unstable.

[0059] Drawing 5 shows the outline configuration block Fig. of the 3rd example of this invention. Since only the polarization component of the predetermined direction (main shaft) is extracted by polarization beam splitters 16, 120a and 120b, when polarization fluctuation to which the polarization component of a main shaft becomes small, and the polarization component which intersects perpendicularly with a main shaft becomes large arises in an optical transmission line, it may be able to stop being able to compensate polarization mode dispersion with the example shown in drawing 1 and drawing 4 temporarily. The example shown in drawing 5 can also cope with such a situation.

[0060] The configuration and actuation of an example which are shown in drawing 5 are explained. The signal light from an optical transmission line is inputted into an optical fiber 212 from input port 210, spreads an optical fiber 212 and inputs it into the polarization inverter 214. The polarization inverter 214 consists of the completely same configuration as the polarization inverter 12, and changes the input light of the polarization of arbitration into the linearly polarized wave of a desired include angle. The signal light changed into the linearly polarized wave by the polarization inverter 214 spreads an optical fiber 216, and inputs it into a polarization beam splitter 218. A polarization beam splitter 218 separates the light from an optical fiber 216 spectrally into two polarization components (for example, TE and TM) which intersect perpendicularly, and, on the other hand (for example, TE component), outputs another side (for example, TM component) to an optical fiber 220 at an optical fiber 222.

[0061] Although incidence of most light which spreads an optical fiber 220 is carried out to the photo detector 226 for signal reception through an optical switch 224, it is separated spectrally by the optical coupler 228 and incidence of the remainder is carried out to a photo detector 230. BPF232 extracts the clock component of a signal from the output of a photo detector 230 like BPF26.

[0062] Although similarly incidence of most light which spreads an optical fiber 222 is carried out to the photo detector 226 for signal reception through an optical switch 224, it is separated spectrally by the optical coupler 234 and incidence of the remainder is carried out to a photo detector 236. BPF238 extracts the clock component of a signal from the output of a photo detector 236 like BPF232.

[0063] A comparator circuit 240 measures the output of BPF232, 238, and by the comparison result, it changes the polarization control by the output of BPF232, and the polarization control by the output of BPF238 so that it may mention later. The output of BPF232, 238 is impressed to the selection contacts 242a and 242b of a switch 242 again, respectively. Contact common 242c of a switch 242 is connected to the input of a control circuit 244. a switch 242 -- the comparison result of a comparator circuit 240 -- following -- BPF232 -- or -- said -- the output of 238 is chosen and it is impressed by the control circuit 244.

[0064] A control circuit 244 generates the drive current over the polarization inverter 214 with which the signal level becomes max according to the signal from contact common 242c of a switch 242, and impresses it to the polarization inverter 214. the change of the switch 242 according [ a control circuit 244 ] to a comparator circuit 240 again -- following -- BPF232 -- or -- said -- the control action which makes the output of 238 max is reset. It is because the continuity of the control action of a control circuit 244 is severed by the change of a switch 242. When the drive current value over the polarization inverter 214 is continuously controllable also by the change of a switch 242, reset of such control action is unnecessary.

[0065] Generally, a comparator circuit 240 measures the output of BPF232, 238, and changes the switch 242 optical switch 224 according to the size. That is, a comparator circuit 240 makes the output of BPF232 choose it as a switch 242, and when the output of BPF238 is larger than the output of BPF232, it makes the output of BPF238 choose it as a switch 242 conversely, when the output of BPF232 is larger than the output of BPF238.

[0066] A hysteresis characteristic may be given to the change to the polarization control by the output of BPF232, and the polarization control by the output of BPF238, then it can prevent that a switch 242 changes frequently. For example, the output of BPF232 is made to choose it as a switch 242, when

changing relatively [ direction / which becomes larger than the output of the condition that the output of BPF232 is smaller than the output of BPF238 to BPF238 ] and, as for a comparator circuit 240, the output of BPF232 becomes large beyond a predetermined value from the output of BPF238. A comparator circuit 240 makes the output of BPF238 choose it as a switch 242, when change of the output of BPF232,238 has a reverse relation, when the output of BPF238 becomes large beyond a predetermined value from the output of BPF232.

[0067] A comparator circuit 240 changes an optical switch 224 again synchronizing with the change of a switch 242. That is, a comparator circuit 240 makes the input light from an optical fiber 220 choose it as an optical switch 224, when making the output of BPF232 choose it as a switch 242, and when making the output of BPF238 choose it as a switch 242, it makes the input light from an optical fiber 222 choose it as an optical switch 224 conversely.

[0068] An optical switch 224 consists of an optical switch [-izing / inserting 1/2 wavelength plate in the middle of the directional coupler of lithium-niobate waveguide / an optical switch / no polarizing ]. However, if two light which uses an optical fiber 220,222 as a polarization maintenance fiber, and carries out incidence to an optical switch 224 like a previous example is made to intersect perpendicularly mutually, a coherent cross talk will not arise. In this case, the optical switch of the low lithium-niobate waveguide of an extinction ratio is sufficient as an optical switch 224.

[0069] In the example shown in drawing 5, even if the situation where the condition of an optical transmission line changes, the signal of the direction which was being used as the main shaft becomes small, and the polarization component which intersects perpendicularly in the direction of a main shaft becomes large arises, the new direction component of a main shaft is followed, and polarization mode dispersion compensation can be continued. That is, even if a main shaft takes the place, compensation of polarization mode dispersion is continuable convenient.

[0070] You may make it BPF232,238 extract the data component of the inside from a frequency higher than a direct current to the frequency near [ which exceeds the frequency of a clock component ] the clock component also in the example shown in drawing 5. However, a noise increases and it is easy to become unstable. For example, it is good also considering the passage center frequency of BPF232,238 as 5GHz.

[0071] Drawing 6 shows the outline configuration block Fig. of the example which coalesced the example shown in drawing 4, and the example shown in drawing 5. This example possesses two polarization mode dispersion compensation systems A and B which consist of the same configurations fundamentally like the example shown in drawing 4, and each compensation systems A and B investigate level like the example shown in drawing 5 for both components of the direction which intersects perpendicularly in the component of the direction of a main shaft, and the direction of a main shaft, and compensate polarization mode dispersion with a component with larger level. Thus, it can apply as it is to both an optical transmission system and an optical transmission system which a main shaft changes so that the polarization of transmission-signal light may turn around a Poincare sphere top numbers of rounds, and polarization mode dispersion can be compensated with constituting convenient.

[0072] The configuration and actuation of an example which are shown in drawing 6 are explained. The signal light from an optical transmission line is inputted into the 3dB optical coupler 312 from input port 310, and is divided into A and B two lines here. Two signal light divided with the 3dB optical coupler 312 transmits optical fibers 314a and 314b, and they carry out incidence to the polarization inverters 316a and 316b, respectively. The polarization inverters 316a and 316b consist of the completely same configuration as the polarization inverters 12,116a and 116b, and change the polarization of incident light into the linearly polarized wave of a desired include angle.

[0073] The signal light changed into the linearly polarized wave by polarization inverter 316a spreads optical fiber 318a, and inputs it into polarization beam splitter 320a. Polarization beam splitter 320a separates the light from optical fiber 318a spectrally into two polarization components (for example, TE and TM) which intersect perpendicularly, and, on the other hand (for example, TE component), outputs another side (for example, TM component) to optical fiber 322a at optical fiber 324a.

[0074] Although incidence of most light which spreads optical fiber 322a is carried out to one port of an



optical switch 328 through optical switch 326a, it is separated spectrally by optical coupler 330a and incidence of the remainder is carried out to photo detector 332a. BPF334a extracts the clock component of a signal from the output of photo detector 332a like BPF26,132a.

[0075] Although similarly incidence of most light which spreads optical fiber 324a is carried out to the port of another side of an optical switch 328 through optical switch 326a, it is separated spectrally by optical coupler 336a and incidence of the remainder is carried out to photo detector 338a. BPF340a extracts the clock component of a signal from the output of photo detector 338a like BPF232,238.

[0076] Control circuit 342a possesses the comparator circuit 240 of the example shown in drawing 5, a switch 242, and the function of a control circuit 244. Control circuit 342a supplies further the information which shows whether it could operate by the flattery priority mode or the regulation priority mode, and the drive current over polarization inverter 316a exceeded the regulation value to the switch control circuit 344 like control circuits 134a and 134b.

[0077] As mentioned above, although A configurations and actuation were explained, 'a' added to the sign can be considered as explanation of B configurations and actuation by reading it as 'b'. Therefore, detailed explanation of B configurations and actuation is omitted.

[0078] The switch control circuit 344 directs by which it shall operate between a flattery priority mode and a regulation priority mode to control circuits 342a and 342b. The switch control circuit 344 operates like the switch control circuit 136 to control circuits 342a and 342b and an optical switch 328. That is, in choosing A polarization mode dispersion compensation results with an optical switch 328, the signal light from optical switch 326a is made to choose it as an optical switch 328, control circuit 342a is operated by the flattery priority mode, and it operates control circuit 342b by the regulation priority mode. When the drive current over polarization inverter 316a has taken 1 round or more on the Poincare sphere by A lines, the switch control circuit 344 makes the signal light from optical switch 326b choose it as an optical switch 328, after initializing control circuit 342a, it is operated by the regulation priority mode, and operates control circuit 342b by the flattery priority mode.

[0079] Incidence of the signal light chosen with the optical switch 328 is carried out to the photo detector 346 for receptions. A photo detector 346 outputs the electrical signal with which the amplitude changes according to input luminous-intensity change. The output of a photo detector 346 is supplied to a reception system.

[0080] Optical switches 326a, 326b, and 328 consist of an optical switch [-izing / inserting 1/2 wavelength plate in the middle of the directional coupler of lithium-niobate waveguide / an optical switch / no polarizing ]. However, if two light which uses optical fibers 322a, 322b, 324a, and 324b as a polarization maintenance fiber, and carries out incidence to optical switches 326a and 326b like a previous example is made to intersect perpendicularly mutually, a coherent cross talk will not arise. In this case, the optical switch of the low lithium-niobate waveguide of an extinction ratio is sufficient as optical switches 326a and 326b.

[0081] Thus, the example shown in drawing 6 has the advantage of the example shown in the advantage and drawing 5 of the example shown in drawing 4. That is, even if the example shown in drawing 6 can also apply an optical transmission system to which polarization turns around a Poincare sphere top numbers of rounds and a main shaft changes it, it can continue compensating polarization mode dispersion.

[0082] Although lithium-niobate waveguide was used as optical switches 124,224,326a, 326b, and 328, the optical switch which combined two electric absorption mold optical modulators and 3dB coupler may be used.

[0083] Although two polarization mode dispersion compensation results were chosen with the optical switch in the example shown in drawing 4 and drawing 6, it is clear that each two polarization mode dispersion compensation results are inputted into a separate photo detector, it changes into an electrical signal, and you may make it choose the output of the photo detector with an electric switch.

[0084] You may make it BPF(s) 334a, 334b, 340a, and 340b extract the data component of the inside from a frequency higher than a direct current to the frequency near [ which exceeds the frequency of a clock component ] the clock component in the example shown in drawing 6 as well as each previous



example. However, a noise increases and it is easy to become unstable. For example, it is good also considering the passage center frequency of BPF(s) 334a, 334b, 340a, and 340b as 5GHz.

[0085] After changing into an electrical signal according to an individual by the photo detector, you may make it choose the output of these photo detectors with an electric switch first, although it has changed into the electrical signal by the photo detector 126,226,346 in the example shown in drawing 4, drawing 5, and drawing 6 after choosing signal light with an optical switch 124,224,328. Drawing 7 shows the outline configuration block Fig. of the example which changed the example shown in drawing 4 such. The same sign is given to the same component as drawing 4.

[0086] Photo detectors 140a and 140b change the signal light from optical fibers 122a and 122b into an electrical signal, and supply the acquired electrical signal to the separate selection contact of an electric switch 142, respectively. According to the change control signal from the switch control circuit 136, an electric switch 142 chooses the output of photo detector 140a or this 140b, and supplies it to a latter reception circuit.

[0087] As reference was made in relation to the example shown in drawing 1, Splitters 122a and 122b and photo detectors 128a and 128b are omissible with the configuration shown in drawing 7 by supplying the output of photo detectors 140a and 140b also to BPF(s) 132a and 132b. To the example shown in drawing 5 and drawing 6, one splitter and photo detector to a polarization component can be omitted.

[0088] In the example shown in drawing 7, there is an advantage of not needing the high-speed optical switch 124,224,328.

[0089]

[Effect of the Invention] According to this invention, by using the polarization converter using Faraday rotator, change of quick polarization is followed and polarization mode dispersion can be compensated so that he can understand easily from the above explanation. By not using mechanical moving parts, it can be used over a long period of time, and high dependability can be secured. Furthermore, since the amount of polarization mode dispersion compensation can be changed according to the amount of polarization mode dispersion of incident light, according to change of the transmission condition of an optical transmission line, polarization mode dispersion can be compensated accommodative.

---

[Translation done.]